

巧克力洞洞板制作

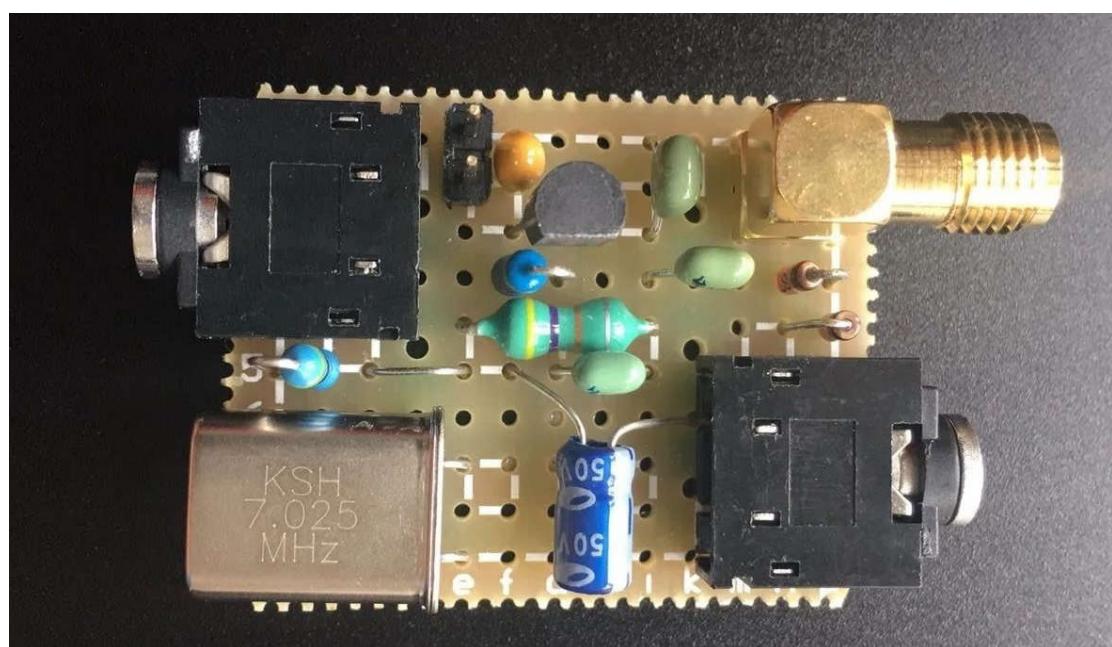
作者: BD6CR

E-mail: rongxh@gmail.com

2023/1/24 春节版

扩充了为啥射频制作要用、兼容元件列表、必备工具和仪器、常用元件适配技法，扩充了不少制作项目。

本电子书可自由复制分发，请保留作者信息。说明：本电子书引用了一些制作项目，目的是说明巧克力洞洞板的可能性，如存在侵权的嫌疑，请通过电子邮件联系处理。



更多细节和更新请订阅微信公众号 **BD6CR**，请用微信扫描二维码

CR BD6CR ★

...

创立五年，已发表业余无线电技术图文、视频650多篇，多数是原创制作，吸引了2900多爱好者订阅。

作者BD6CR从1996年参加活动，是哈啰CQ论坛QR P和DIY版主、《QRP之道》一书译者、中国科学技术大学BY6DX首任台长，现居上海浦东。

收起

311篇原创内容 366个朋友关注

视频号：**BD6CR玩航拍**



BD6CR

微信扫描二维码，关注我的公众号

目录

巧克力洞洞板制作.....	1
为啥射频制作要用巧克力洞洞板.....	3
巧克力洞洞板简介.....	3
巧克力洞洞板兼容元件列表.....	6
必备工具和仪器.....	7
常用元件适配技法.....	8
射频连接器.....	8
音频连接器.....	11
中周.....	13
集成电路.....	14
继电器.....	14
电源线处理.....	15
贴片元件.....	15
一单元洞洞板制作 1: FM 话筒.....	16
一单元洞洞板制作 2: 简易接收机.....	17
一单元洞洞板制作 3: 草鞋.....	21
一单元洞洞板制作 4: 当 DSB 遇到 DSP.....	22
两单元洞洞板制作 1: 增强型皮鞋.....	24
两单元洞洞板制作 2: 带收发切换的 200mW 发信机.....	26
两单元洞洞板制作 3: FCZ 设计的 6 米 10mW AM 发射机.....	30
三单元洞洞板制作 1: 再生短波广播接收机.....	36
三单元洞洞板制作 2: QP-7C 月季发信机.....	38
四单元洞洞板制作 1: 超外差 SSB 接收机.....	40
四单元洞洞板制作 2: 手动 FT8 收发信机.....	41
六单元洞洞板制作 1: 半瓦 CW 收发信机.....	43
十二单元洞洞板制作 1: 无旋钮的 SSB 收发信机.....	46
十二单元洞洞板制作 2: 13 管 FT8 收发信机.....	48
十二单元洞洞板制作 3: NorCal 名机 SST	51
十二单元以上洞洞板制作 1: BITX40 SSB 收发信机.....	57

为啥射频制作要用巧克力洞洞板

巧克力洞洞板比起焊盘全部独立的普通洞洞板来说射频性能好太多了，适合制作短波波段甚至到 6 米波段的接收机，还可以制作几瓦发射功率的发射机，可谓非常实用。单元四周的铺地提供了级间隔离和就近接地，而且预先连接的焊盘可以解决大多数互联问题，不仅使用方便，射频电路的性能还不错。为了让辛苦制作出来的电路实际使用，这个洞洞板可以兼容 150 x 97 x 40 尺寸的铝合金型材盒子，装上旋钮和各种接口，就可以拿出去见人了。



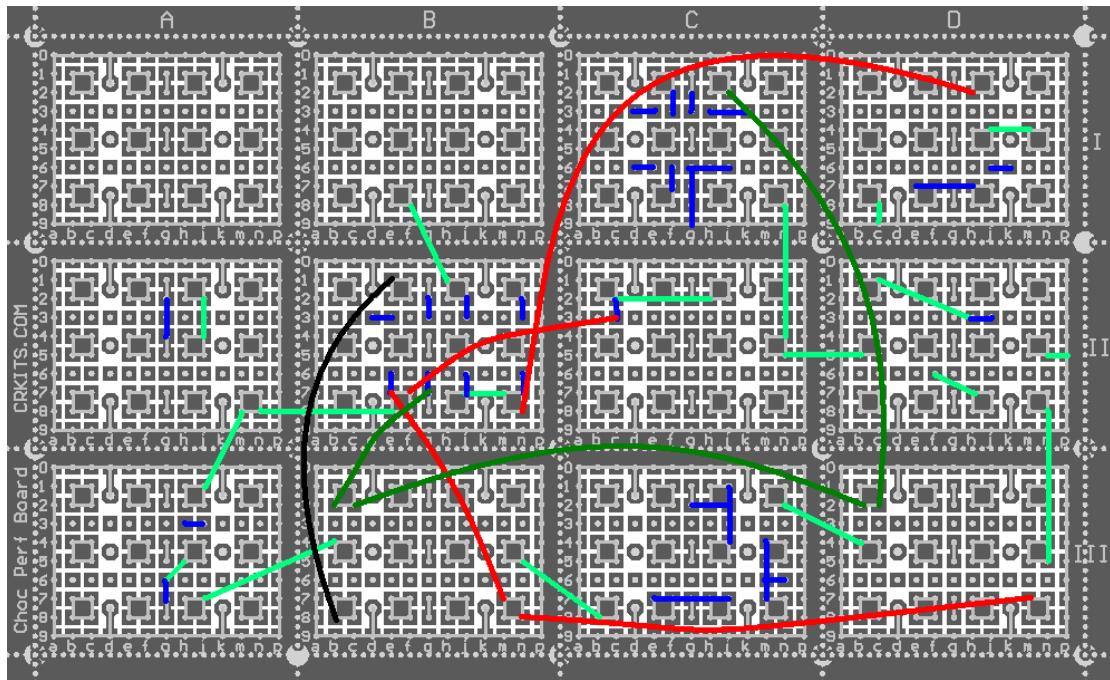
6 单元的巧克力洞洞板（上图的一半）已经开源，大家可以下载 Gerber 文件后找厂家打样。家里常备几块即可想做就做，无需等待 PCB 制作周期。

巧克力洞洞板可以兼容大量元件，从电阻电容电感到二三极管场效应管，从三端稳压到常用射频电路制作的集成电路，从继电器到射频插座，都可以很好兼容。

巧克力洞洞板的最初版本要追溯到 2000-2003 年，经过 BD6CR 二十年反复迭代，积累了丰富的制作案例，很多常见电路只需照猫画虎或做少许修改，可谓十分方便。同时，也吸收过往的经验教训，包括 W1FB 在他著名的《QRP Notebook》一书介绍的万用板设计，JF1OZL 这位日本制作大师常用的四联焊盘的万用板，日本 FCZ LABS 的一些万用板设计等，在此基础上与时俱进，适应最新元件趋势，也获得了国内外爱好者的广泛认可。

巧克力洞洞板简介

这种洞洞板是由多个相同的单元构成的，每个单元的主体是由 12 个四方连接的焊盘组成，这种焊盘非常适合分立元件的电路。为了兼容集成电路、排针和一些继电器，在中间设置了两排独立的焊盘。最为方便的是，为兼容 7mm x 7mm 尺寸的中周，增加了焊接中周屏蔽罩的 6 个大焊盘。每个单元四周铺地，设置了邮票孔，既容易掰开，也可以当成整个单元屏蔽罩的安装孔。因为容易一块块掰开，我们形象的叫这种洞洞板为巧克力洞洞板。

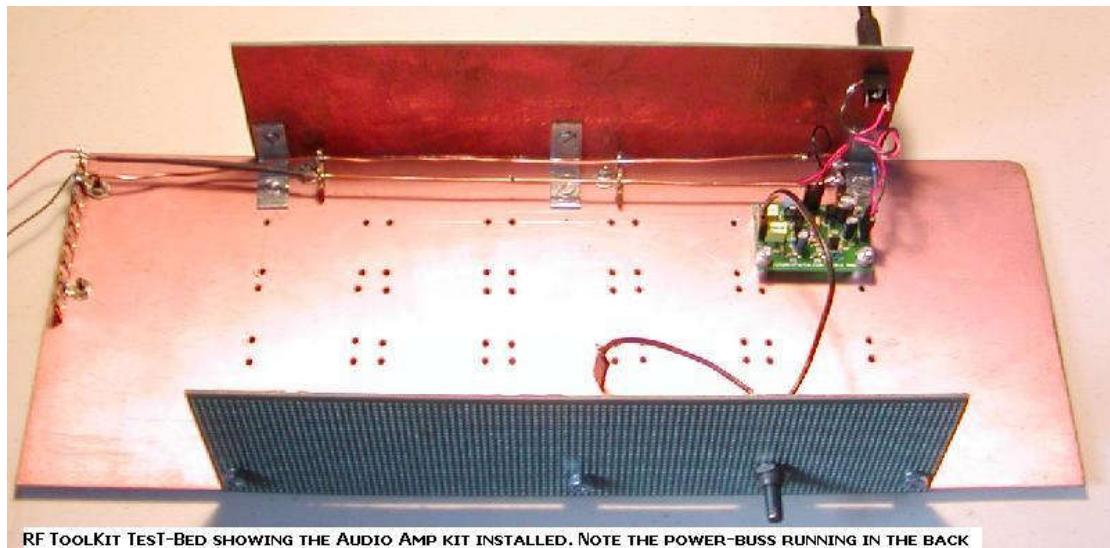


巧克力洞洞板是一种单面板，需要进行一些跳线。跳线主要采取几种方式：电源线用多种颜色的绝缘导线飞明线（如图中红色、墨绿色和黑色线）；级间信号连接可在正面采用元件脚、绝缘导线或者细同轴电缆（如 SYV50-2-1）连接（如图中淡绿色线）；级内的连线当然也可以在正面采用元件脚跳线，如果比较接近的话，也可以在反面采用搭锡或者元件引脚辅助搭锡的方法连接（如图中蓝色线）。

单面板由于没有金属化通孔，焊盘（特别是独立焊盘）的附着力较差，在高温焊接或者外力作用下容易起皮或脱落，因此，在掰之前需要用小刀将覆铜划开，然后用尖嘴钳夹住邮票孔旁边轻轻掰动，才能不留任何损伤。

这种洞洞板的制作如果没有前人的资料参考，那么需要制作者根据原理图仔细规划。首先规划各级电路在整个板子上的分布，尽量让信号线就近连接，且不要让发射末级绕回来，否则容易产生自激，另外，本振也是比较敏感的部分，不仅容易辐射能量，也容易被干扰，因此需要远离发射末级。有的时候，为了方便洞洞板制作，可能需要稍微修改一下电路，主要是串联元件的位置调换、增加电容作为交流耦合、增加小电阻作为直流连接、交换一些元件的极性和相位、电源退耦电容和电感的增删等。

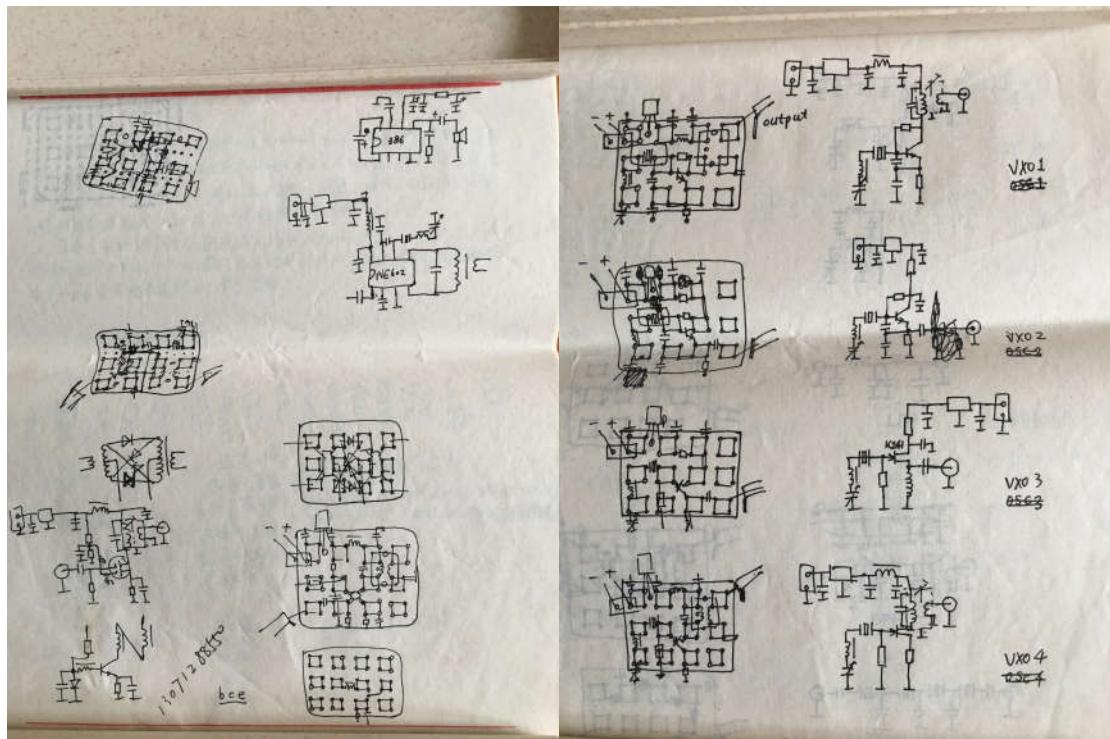
美国业余无线电元件供应商 kitsandparts 曾经设计过一种 [RF 工具套件](#)，在 30x49 毫米的 PCB 上设计各种通用的电路模块，然后可以在大的基板上将这些模块互相连接起来。



RF TOOLKIT TEST-BED SHOWING THE AUDIO AMP KIT INSTALLED. NOTE THE POWER-BUSS RUNNING IN THE BACK

从模块制作开始是一个很好的做法，这也就是为什么巧克力洞洞板要设计成方便掰开的原因。如果说 RF 工具套件的做法是一种从模块到整机的加法的话，我就是做一种方便的减法。

我特别想给大家看 2003 年左右我的手绘版本，大家可以看到，我很早以前就打算写这本书。当然这是早期的一些纸面设计，后来，我又做了很多的模块制作，一些照片足能够说明元件的布局和连接的方式。比如，我完整的制作了一台 BITX-40，其中包括了放大器、变频器、振荡器、滤波器等常用的模块电路。



巧克力洞洞板兼容元件列表

经过多年反复尝试和迭代，总结出兼容元件列表，供大家在准备元件时参考。为了便于初学者照猫画虎，特别给出了推荐数量甚至采购信息。本清单可以覆盖 HF-6 米波段 QRP 制作所需的大部分元件，**作为本书制作的默认选择**。本表不含工具、仪器和线材，需另外配置。

推荐清单	数量	备注
开源 6 单元巧克力洞洞板	5	JLC 可免费打样，0.9mm 孔版本。制板 Gerber 文件下载： http://crkits.com/FreeChoc1.rar
1.2mm 麻花钻	5	扩孔使用
2.54mm 间距单排针 40 针/排	5 排	淘宝
配套杜邦线 20cm 长	40 根	淘宝
单刀继电器 HK4100F 系列	5	DC12V，汇科品牌
双刀继电器 HK19F 系列	5	DC12V，汇科品牌
SMA-KWE 标准插座	10	扩孔安装，需别掉一接地脚
8-pin 优质圆孔 IC 插座	20	可以兼做晶体插座
晶体 7023、7050、14023 等	若干	淘宝找找
音频插座 PJ-307	10	扩孔使用
蓝白可调电阻 1k 10k	每种 10	淘宝
1/4W 5% 电阻包，包括 4.7 10 22 47 100 220 470 1k 2.2k 4.7k 10k 22k 47k 100k 220k 470k 1M	每种 100	淘宝，四环即可，充分利用串联获得 缺少的阻值
微调电容 5-20pF 9-50pF	每种 10	扩孔使用
火炬独石 C0G 电容包，每套含 100V 5% 精度 5.08mm 脚距零温漂 5.1 10 22 33 47 82 100 220 330 470 820pF 各 1	25 套	淘宝恩亿矽-BD6CR 电容包
瓷片电容 2p 102 222 103 473 104	每种 100	淘宝
电解电容 25V 1uF 10uF 100uF	每种 50	淘宝
二极管 1N60 1N4148 1N4007	每种 50	淘宝
3mm 发光管 红色 绿色	每种 10	淘宝，高亮磨砂随意
小功率三极管 2N3904 2N3906 2N4401 S9018	每种 20	淘宝，长电/长晶品牌
中功率三极管 BD139 BD140	每种 10	淘宝，长电/长晶品牌
7x7 中周 3.8-50MHz 自选	若干	淘宝锦屏电器
色环电感 1/2W 1u 4.7u 10u 22u 100u 1mH	每种 100	淘宝
进口铁粉芯磁环 T37-2 T37-6	每种 10	淘宝 - 君灿
美式铁氧体磁环 FT37-43 FT37-61	每种 10	淘宝，或贸泽
0.4mm 左右直径漆包线 红色 金色	每种 10 米	淘宝
三端稳压 78L05 78L08	每种 10	淘宝
直插集成电路 LM386	10	淘宝
直插集成电路 NE602	5	淘宝

必备工具和仪器

除了一般的焊接工具，首先要准备一个扩孔电钻，可以夹 1.2-3mm 钻头即可，类似图示的直流小电钻就可以。



仪器方面，除了数字万用表，十分推荐大家购买这两样新时期必备的“射频万用表”。 nanoVNA 是网络分析仪，tinySA 是频谱分析仪，同时还兼具频率计、信号发生器、天线测试等功能。建议同时配置一到两个 -30dBc 或者 -40dBc 固定衰减器备用。公众号介绍了团购优惠信息，请参阅：https://mp.weixin.qq.com/s/fbfOSID_AjNxBnBPQ4f-mg



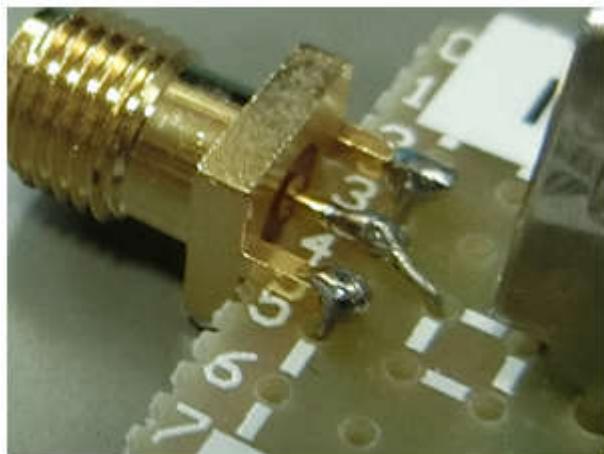
常用元件适配技法

射频连接器

SMA 连接器比较适合，当然也可以使用 BNC 连接器。因不同型号，可采用夹边法或者板角扩孔别脚法安装。



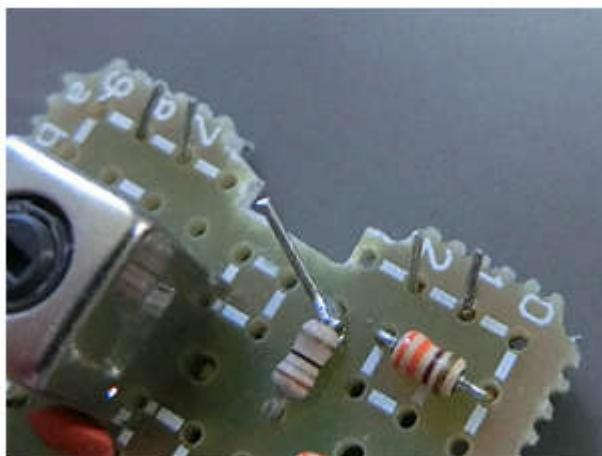
▲写真7 エッジタイプのSMAコネクタを使いました。



▲写真8 SMAコネクタの接続方法です。

夹边法参考日本著名 QRPer JE1UCI 的文章：

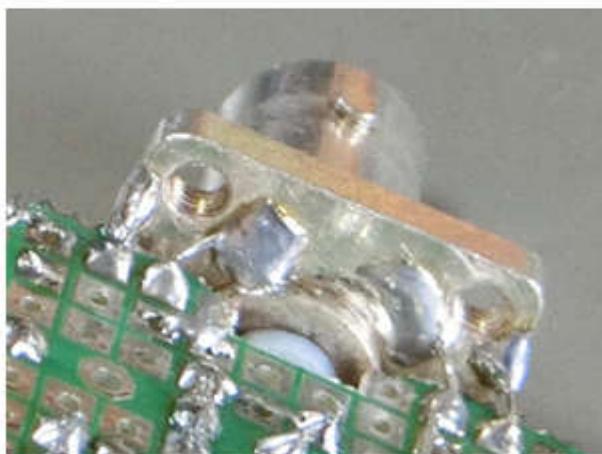
<https://www.icom.co.jp/personal/beacon/kousaku/1567/>



▲写真11 BNCコネクタに合わせて多少基板を削りました。

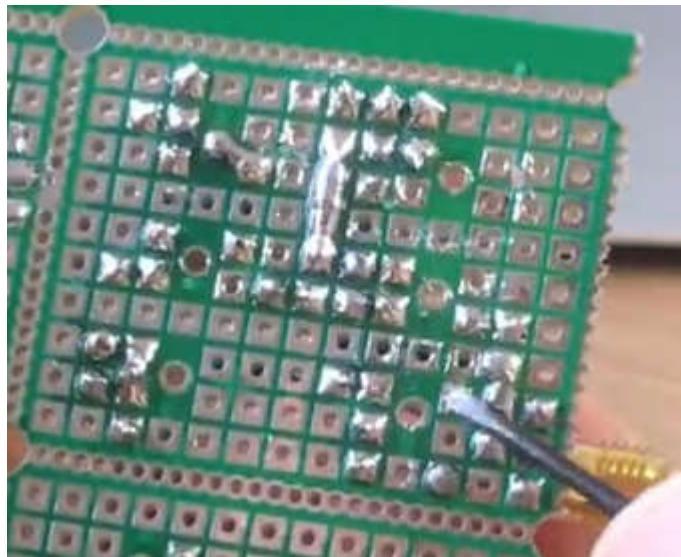


▲写真12 BNCコネクタを直付けしたところです。

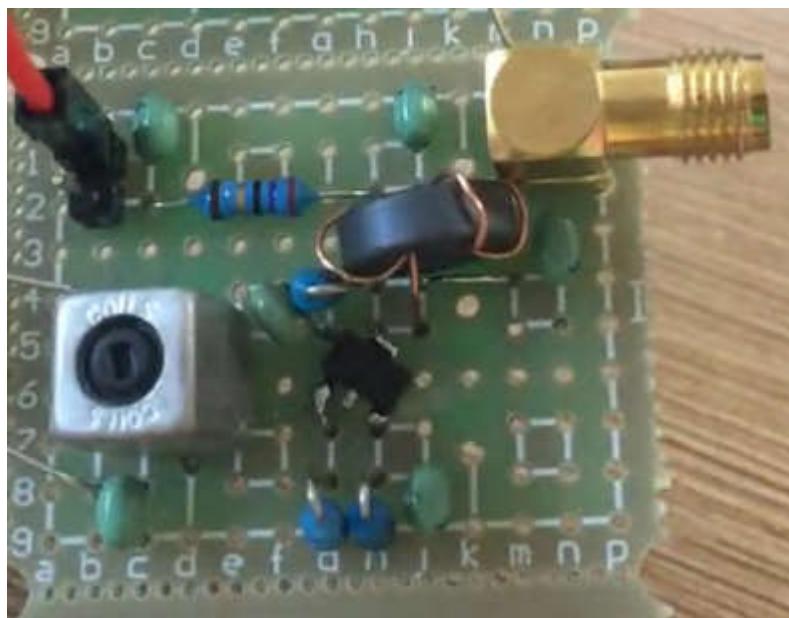


▲写真13 裏表で直付けしました。

BNC 安装法，同样参考上述 JE1UCI 文章，当然，也可以扩孔后安装板装的 BNC 插座，可参考后续的 13 管制作。



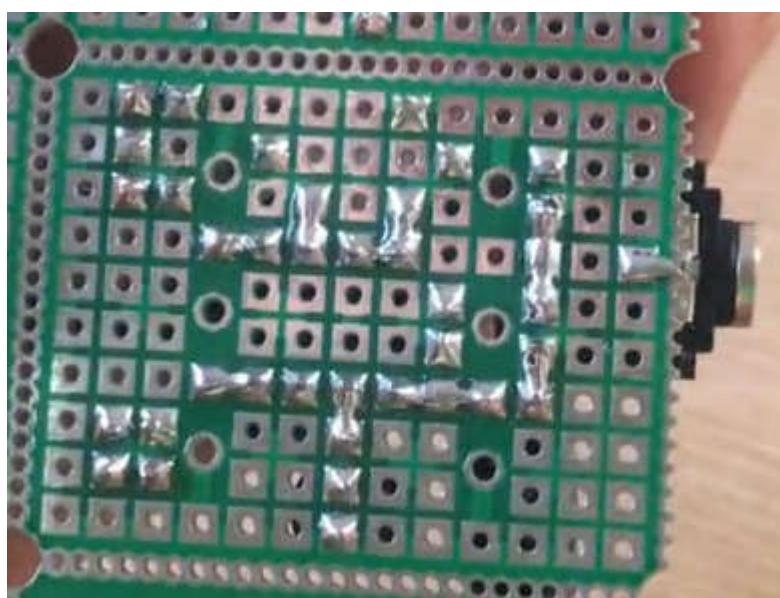
对于 SMA-KWE 型号，采用板角扩孔别脚法，首先做 5 脚扩孔，然后将所指接地脚齐根别掉，因为有四联焊盘，防止中间信号线和地短路



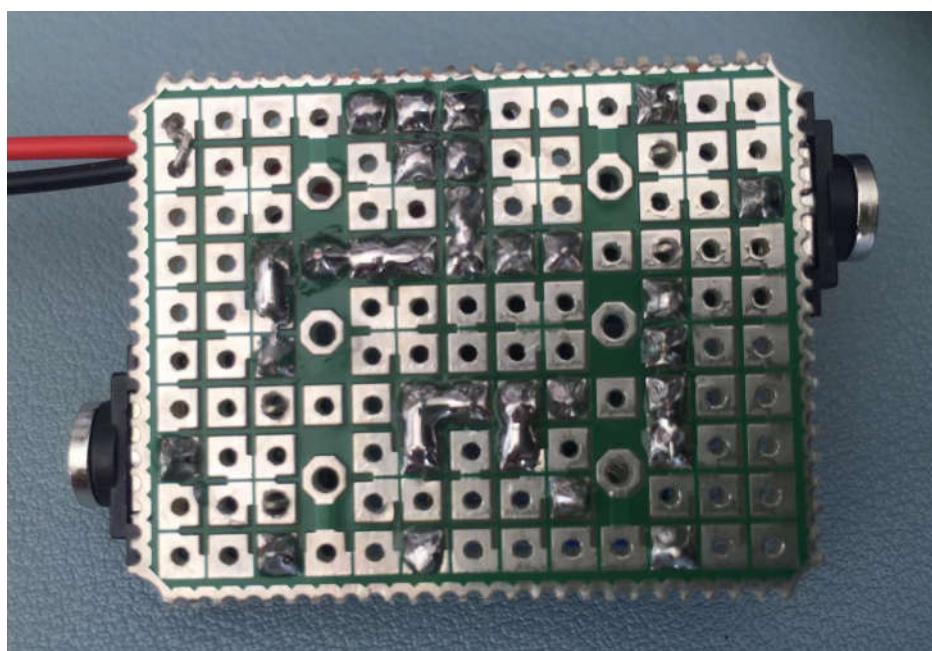
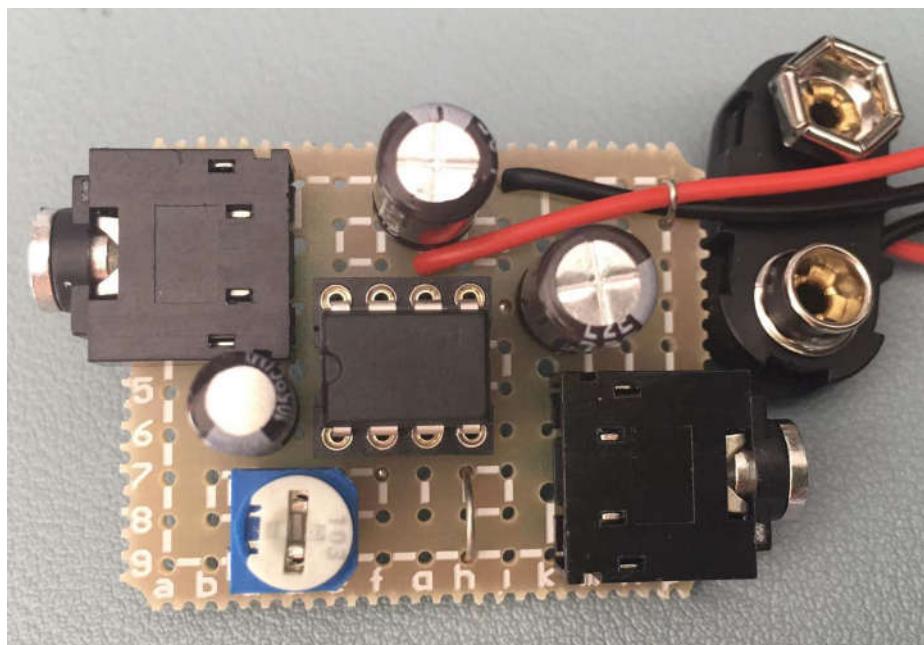
SMA 边角安装，通过别掉不同的接地脚，安装方向可选

音频连接器

最兼容的是 PJ-307-3 或者-5。需扩孔安装。这是双声道的安装方法:

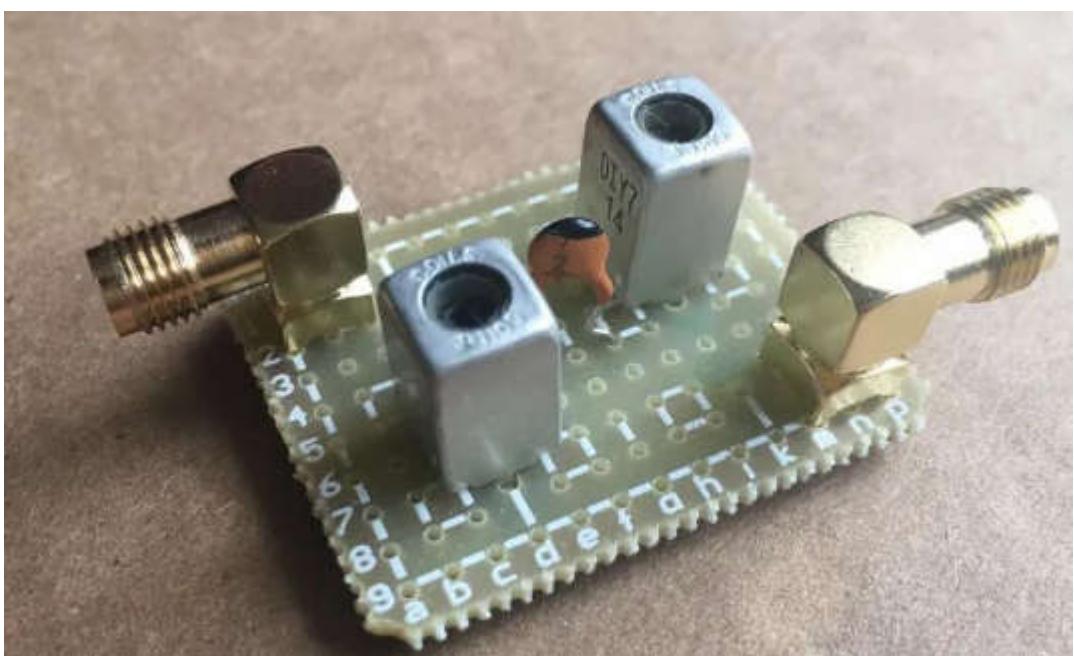
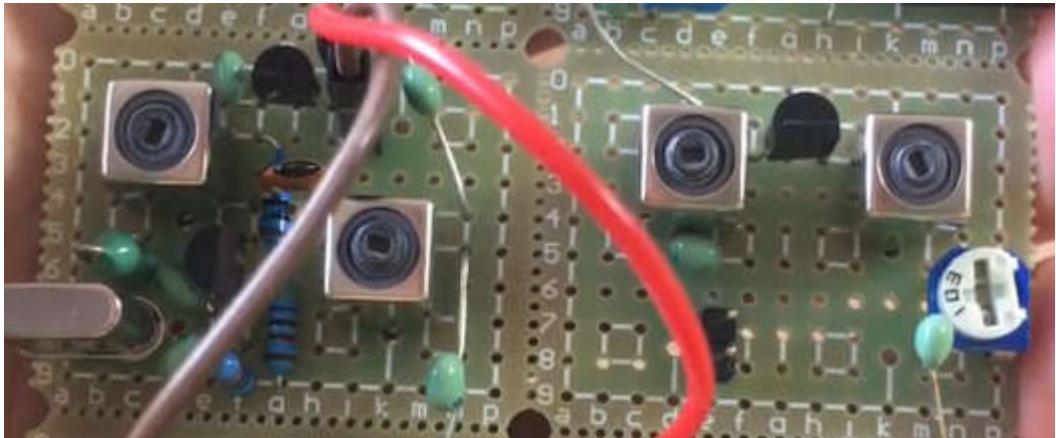


如果需要单声道安装，需往上挪一格即可，这样另外一个声道接地。这是单声道的 LM386 功放制作，可以参考作为制作技法使用。



中周

每个单元有四个位置可以安装中周，仅限于 7x7 尺寸，因脚距设计为 4.5mm，仍需少许掰开引脚以完全适配。



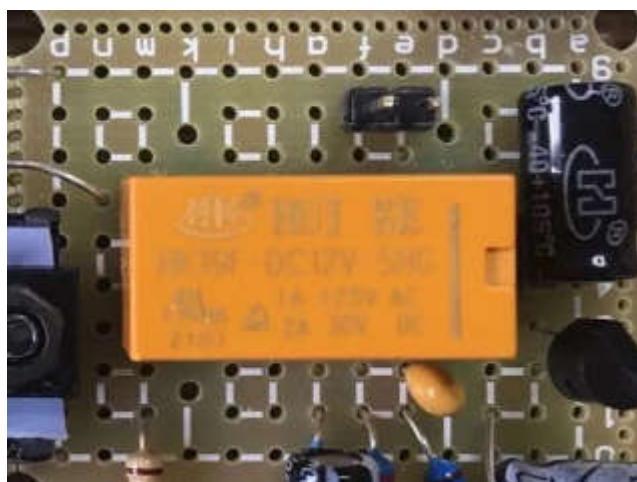
集成电路

采用两排独立焊盘安装集成电路，对于 LM386、NE602、MC1350 等十分友好。图示为 LM386 典型电路。



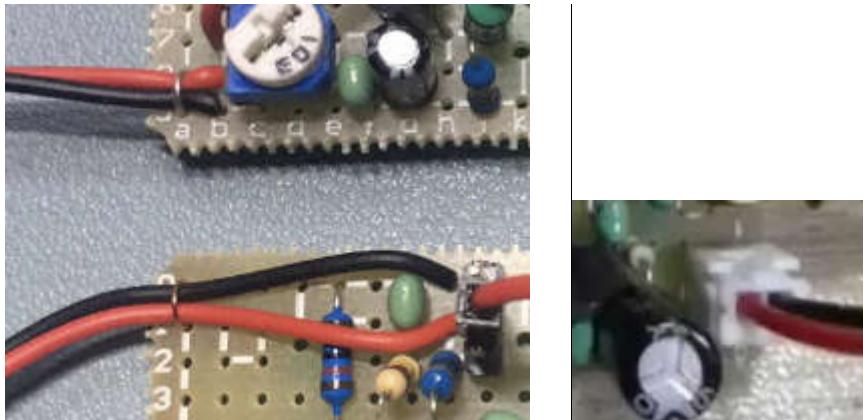
继电器

单刀继电器 HK4100F 系列和双刀继电器 HK19F 兼容型号参考集成电路安装，注意引脚附近的焊盘搭锡引出。

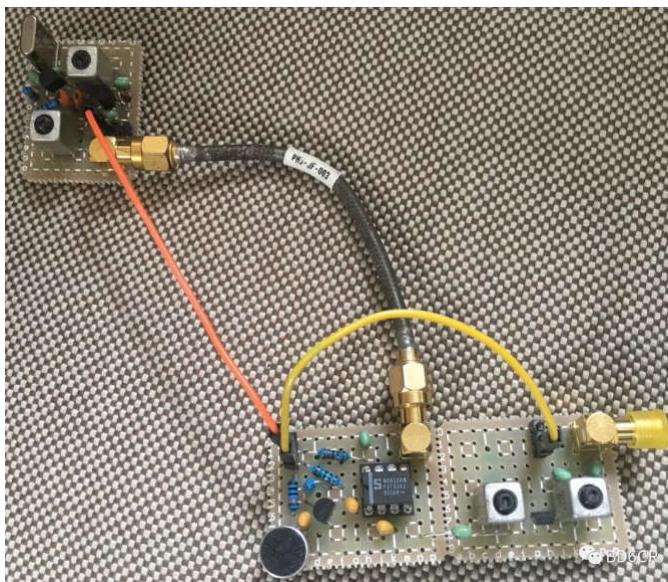


电源线处理

电源输入可采用叠层电池扣或者引出线焊接并用剩余的元件脚扎紧固定，或者采用 XH2.54 接插件，以确保电源极性不会反。不过，XH2.54 接插件占地方比较大，在局限的情况下也可以用杜邦线的单排 2.54 脚距插针。



单元内部可以通过多余引脚跳线，或者直接利用元件引脚连接。单元之间利用杜邦线进行跳接，就需要每一单元的电源插针适当多至少一个，便于跳接，类似这样：

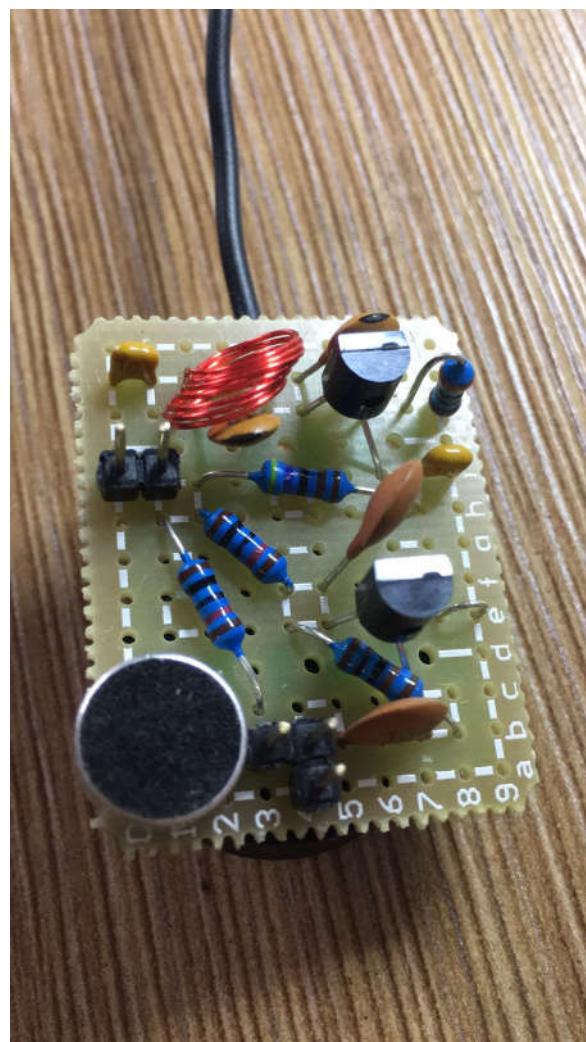
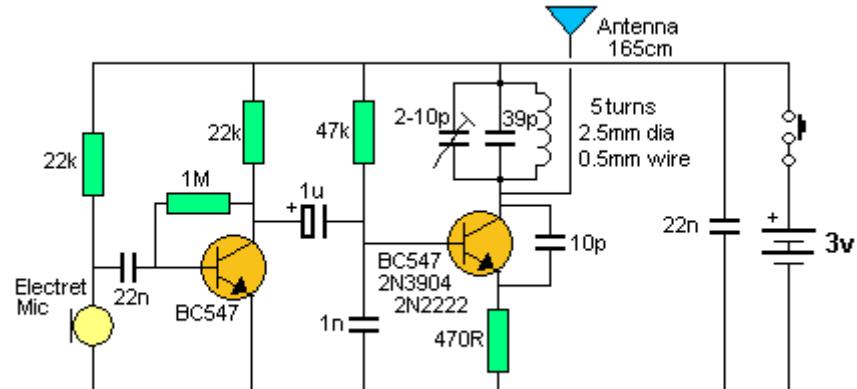


贴片元件

推荐采用 0805 贴片电容、电阻、电感或者二极管焊接在焊接面，特别是贴片电容，作为退耦的用途十分合适，特别是配合上述电源线的处理，性能良好而且无需占用元件面空间。贴片三极管应该也是可以使用，由于没有足够的实践，这里请读者自行尝试。

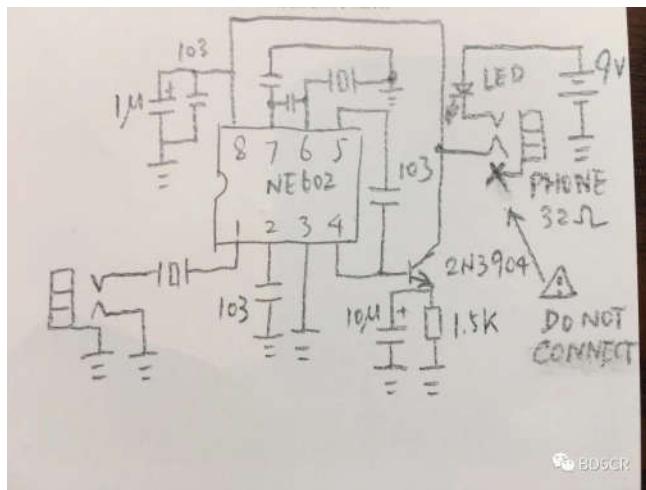
一单元洞洞板制作 1：FM 话筒

我敢说 90%以上的业余无线电爱好者都制作过 FM 话筒，因为电路简单，成功率高，而且很有趣味。电路差不多是参考这个，带话筒放大，灵敏度会高一点。可调电容去掉了。

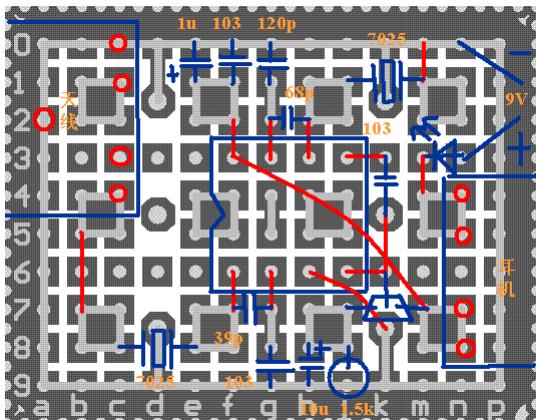


一单元洞洞板制作 2：简易接收机

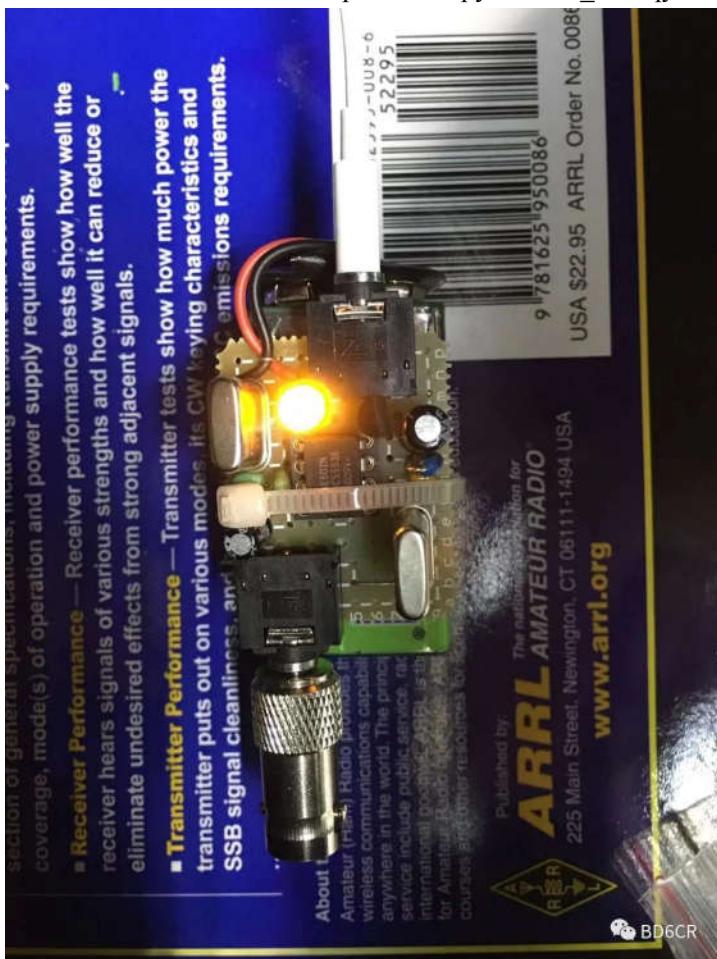
想要自制一个接收机听业余电台能有多简单？使用一个集成电路 NE602 加上一个三极管，辅以电阻电容晶体接插件若干，就构成了一个超简易的接收机。若问效果如何，谁用谁知道。电路图就在下面，左边是天线的插座，串联一个晶体作为滤波，可以把广播干扰干掉，NE602 是典型的 DC 接收机，DC 不是直流，是 DIRECT CONVERSION 直接变频的意思。三极管的这个接法是不是看不懂？无非就是借了 NE602 差分输出引脚作为直流偏置，而 NE602 的电源接在耳机后面是做什么？设计者（就是在下）脑子是不是受潮了？有点，但是没有完全进水，这样设计虽然有自激的危险，但是却被 1u 电容给解了围。作用是用耳机的插入作为电源开关，使用十分方便。还要接一个 LED？不是会增加电流么？其实这是会降低电压，从而降低整机电流的，而整机电流正好点亮一个琥珀色的 LED。一般来说三极管直接输出要接高阻耳机，不过，如果将立体声耳机串联起来，至少也有 64 欧，苹果的耳机加起来有 80 多欧，加上耳机灵敏度比较高，音量也是可以听清楚啦。什么？不仅能收 CW 还能 SSB？全靠 6/7 脚上电容和晶体的匹配。比如 7050 SSB 接收，就一定要把振荡频率调到正好 7050，而如果是 7023 CW 接收，那就要把振荡频率调到比 7023 高或低一个音频音调频率，比如 700 赫兹。怎么调呢？你可以将这两个电容串联来计算容量，等于 20pF 差不多可以获得晶体的标称频率，往小了调就是使振荡频率变高，否则就是变低。也不能无限制的调节，因为晶体会不干活的。我的例子，为了获得 7010 稍低一点的频率，我使用了 68p 和 39p，使串联容量大于 20p。



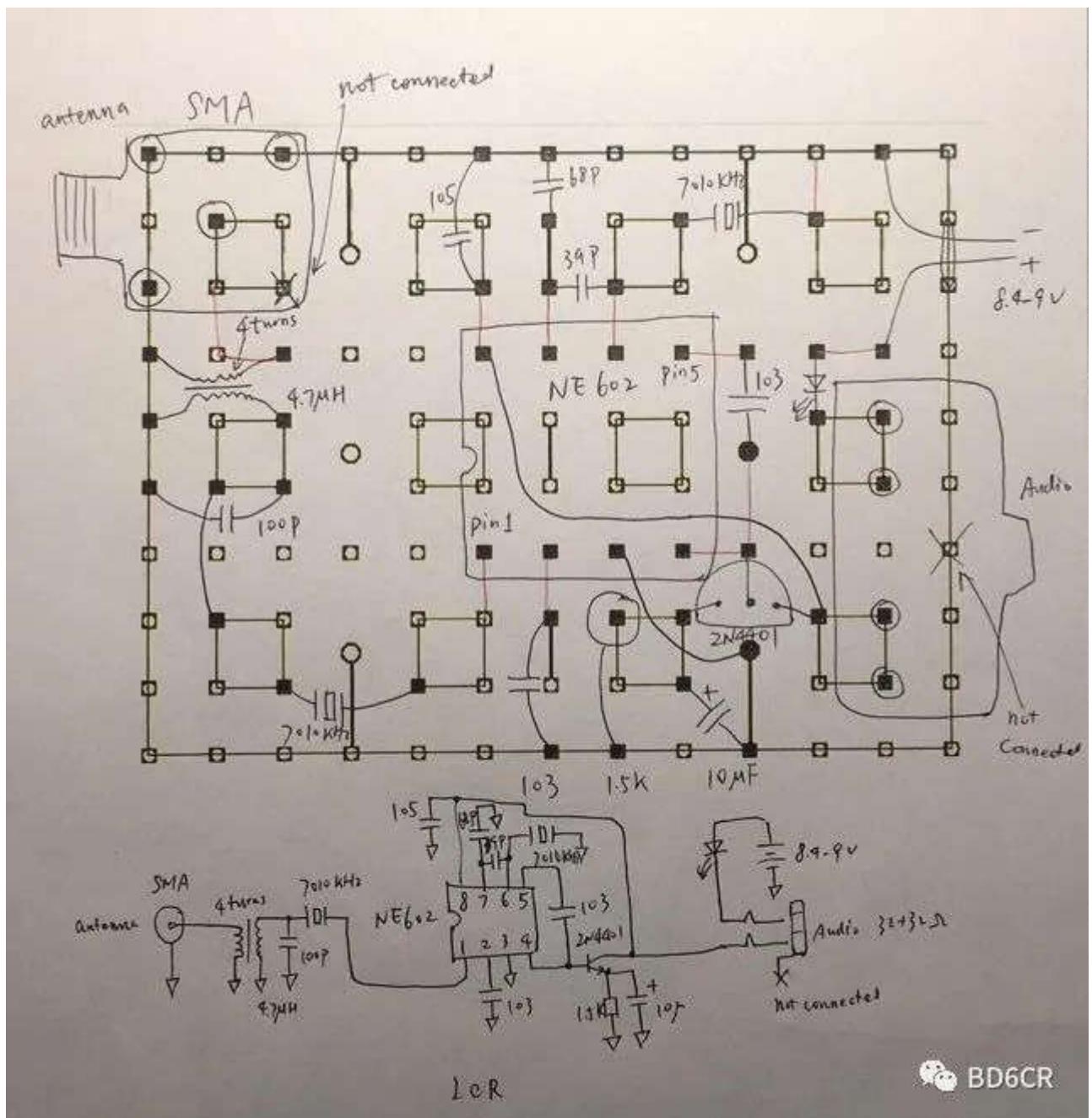
这是连线示意图：

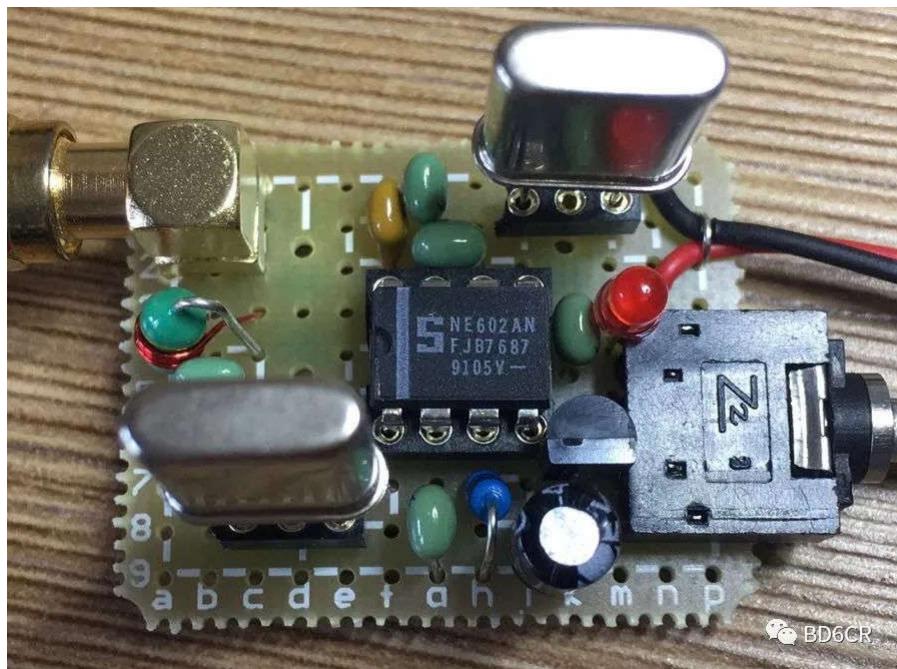


简易的接收机制作视频：http://www.iqiyi.com/w_19s3qyk061.html



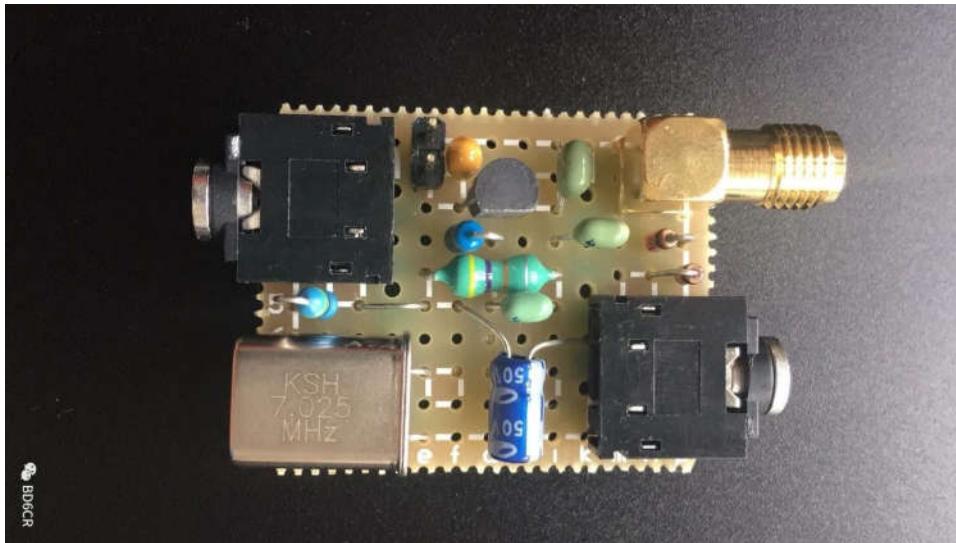
版本迭代更新：这里增加了输入的 LC 谐振和阻抗匹配，可以提高灵敏度。4.7uH 色环电感上绕 4 圈即可。注意音频插座的处理，和常用的做法不同。



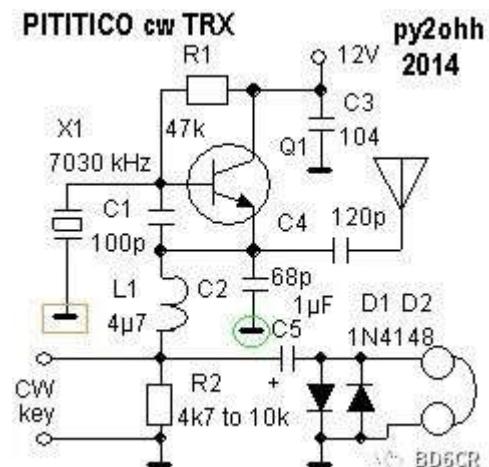


BD6CR

一单元洞洞板制作 3：草鞋

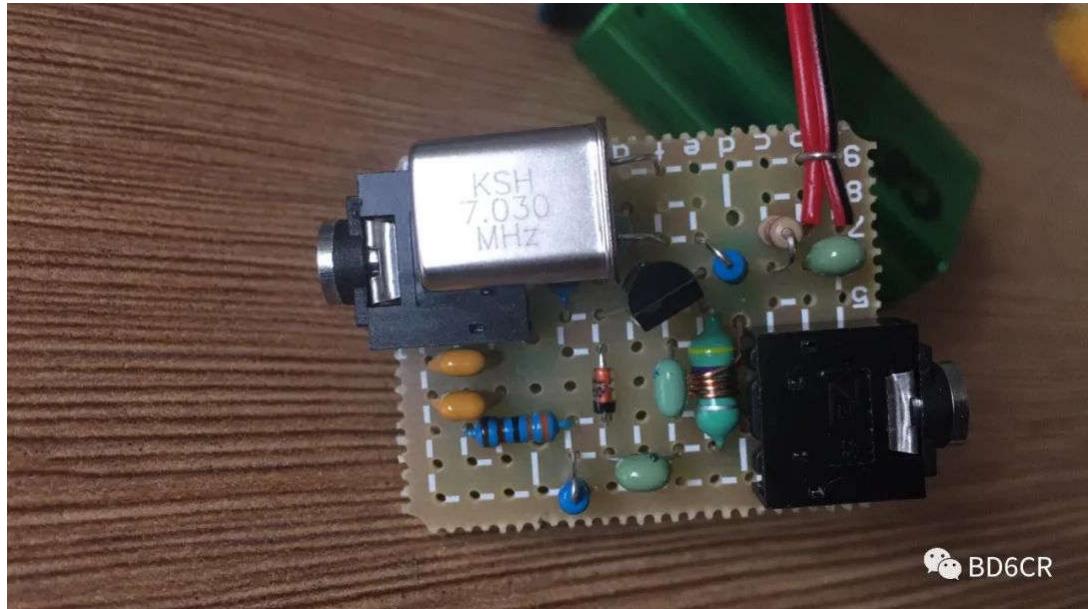


这是一个十分简易的 CW 收发信机，采用高阻耳机收听。发射功率可以有几十毫瓦的级别，收发频偏和侧音就不能指望了，杂散也是相当差。不过做在一个单元里面，包括所有连接器，十分赏心悦目。

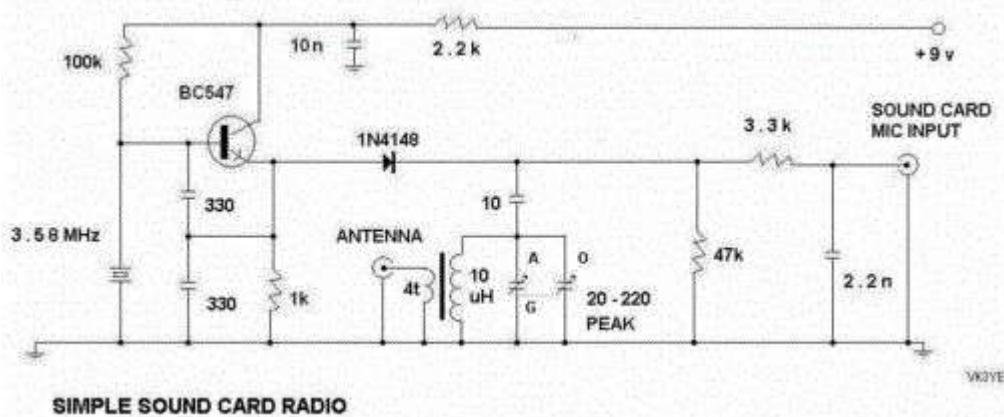


一单元洞洞板制作 4：当 DSB 遇到 DSP

DSB 是双边带，DSP 是数字信号处理，两者看起来不搭界，但是如果我们做个简单的硬件，让他们相遇，会产生怎样的化学反应呢？



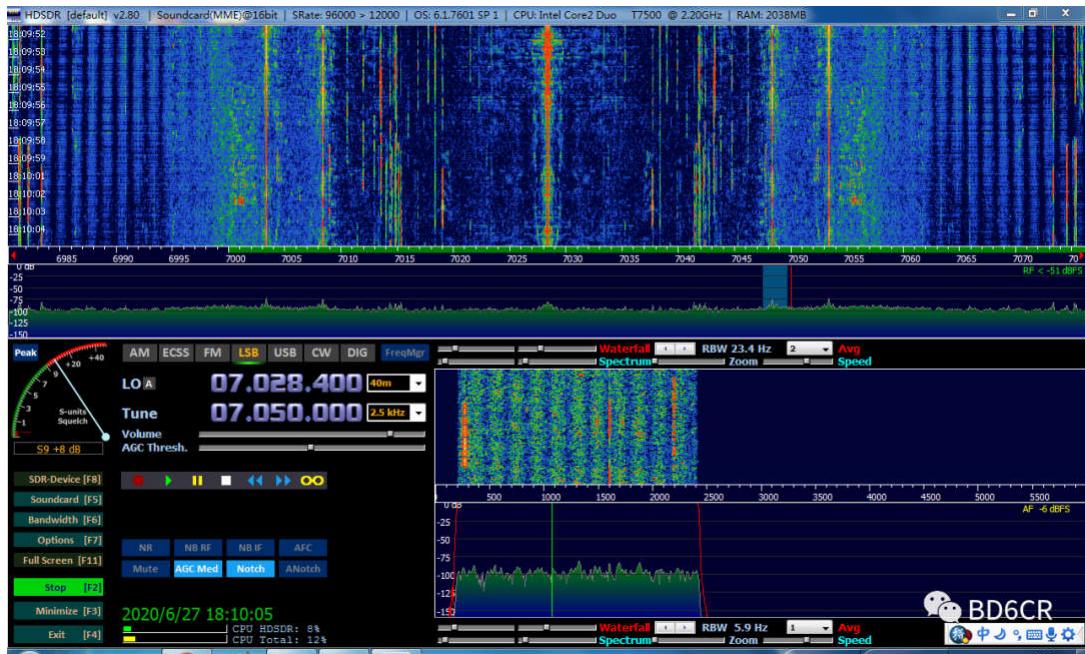
这个硬件没啥特别的元件，可能最不好找的就是这个晶体了，事实上也并不一定要这个频率，其他都是最常用的零件。电路参考的是 SPRAT 杂志前几年 VK3YE 的文章，文章的标题叫《另一款简易声卡接收机》，电路图原来使用了 80m 晶体，我改为 40m 晶体，天线的输入端采用了固定的 40m 选频输入，4.7uH 和 100p 电容构成，别的没啥特别说明。这个电路的好处是只要单声道 MIC 输入（这种要求等于没要求），不像有的 SDR 电路要求双声道 LINE IN，在笔记本电脑上很少能找到，便宜的 USB 声卡也不具备，我最后不得不买了一个创新的 SBX PROSTUDIO 级别的桌面声卡，而且在买错两个型号之后，为了玩 SDR，我买了三个创新声卡，我的心在流血……



至于我为什么要选 7030，是考虑到大多数声卡的采样率最高 48kHz，那么可以覆盖正负 24kHz，也就是 7006-7054 的范围。如果使用比较好的声卡，采样率达到 96kHz，则可以覆盖正负 48kHz。当然，实际的振荡频率不会正好是晶体频率，我的电路里面两个 330p 电容改为 100p，振荡在 7028.4，那么范围在 7004.4-7052.4，差强人意，至少覆盖了最常见的

7050 LSB，但是 7053 就需要改一改元件才能覆盖了，比如在 7030 晶体上串联一个 20–30p 小电容。

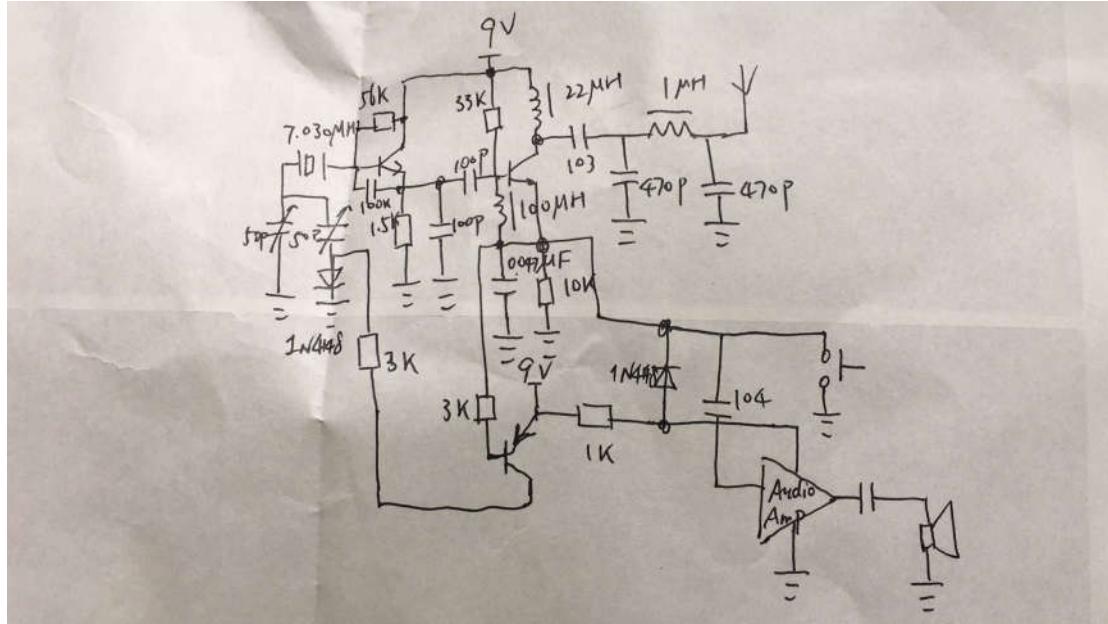
硬件做好了，那么使用什么样的软件呢？杂志推荐的是英国 MOKGK 的 SDR DECODER，我下载了，使用起来基本正常，但是界面比较不好看，而且功能比较少，所以我就尝试一下之前使用过的 HDSDR，只是选择正确的声卡，将 LO 改为 7028.4，就可以正常使用了！



我认真的研究了一番，发现上面的主频谱以 LO 频率为中心线呈镜像分布，这才想起来这是一个直接变频的 DSB 接收机啊！只是 SDR 软件可以将几十千赫很高的音频频率通过界面上的调谐变成正常可听的语音而已。今天正好是 CW 比赛，频率上很多很强的 CW 信号，镜像过来以后对 7050 LSB 造成了明显的干扰。SSB 语音通联碰到“敲榔头”的还是比较恼火的，通常我们使用 Notch 功能，将这些固定频率的干扰挖掉。如果是单一频点干扰，可以试用 ANotch 功能，是自动陷波的意思，工作原理是枪打出头鸟，出现一个干扰信号峰值就自动设置陷波，过一段时间重新检测，再起作用。如果是多个频点干扰，也可以将 Notch 和 ANotch 配合使用，先用鼠标手工点一下下面部分的谱线挖掉一个或者几个频点，然后再让 ANotch 负责监测临时出来的新干扰。这些就是 DSP 数字信号处理的功能，通过这些 DSP 功能，让本来很多干扰的 DSB 接收效果获得了明显的改善。另外一个明显的改善是广播干扰，广播干扰是直接变频接收机的通病，但是通过 DSP 处理以后，也几乎没有听到了（我猜测是广播干扰离 LO 很近，而 7050 离很远）！这么简单的电路，连个放大器也没有，灵敏度到底如何呢？声卡可以很好的补偿，听起来不比大电台差！

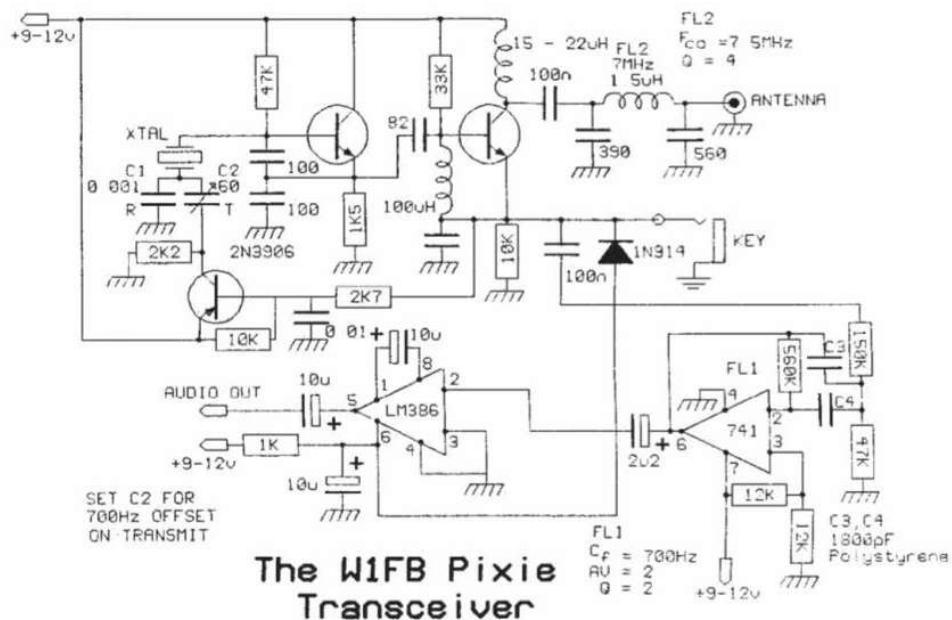
两单元洞洞板制作 1：增强型皮鞋

皮鞋是我首先介绍进入中国的，目前成为全网最热门的无线电套件之一。这个增强型的皮鞋使用两个洞洞板单元，除了基本的功能外，还能支持收发异频和侧音，甚至还带了一个鼠标用微动开关做的手键。这里给出了在原图上增加的电路的示意。



这是 SPRAT 杂志 W1FB 的设计，其中 PNP 三极管的接法是一样的。

My version of the PIXIE Transceiver (see SPRAT 88 for the G3LHJ version) is shown below. It includes 700Hz offset on transmit and a single AF filter stage set at 700Hz.



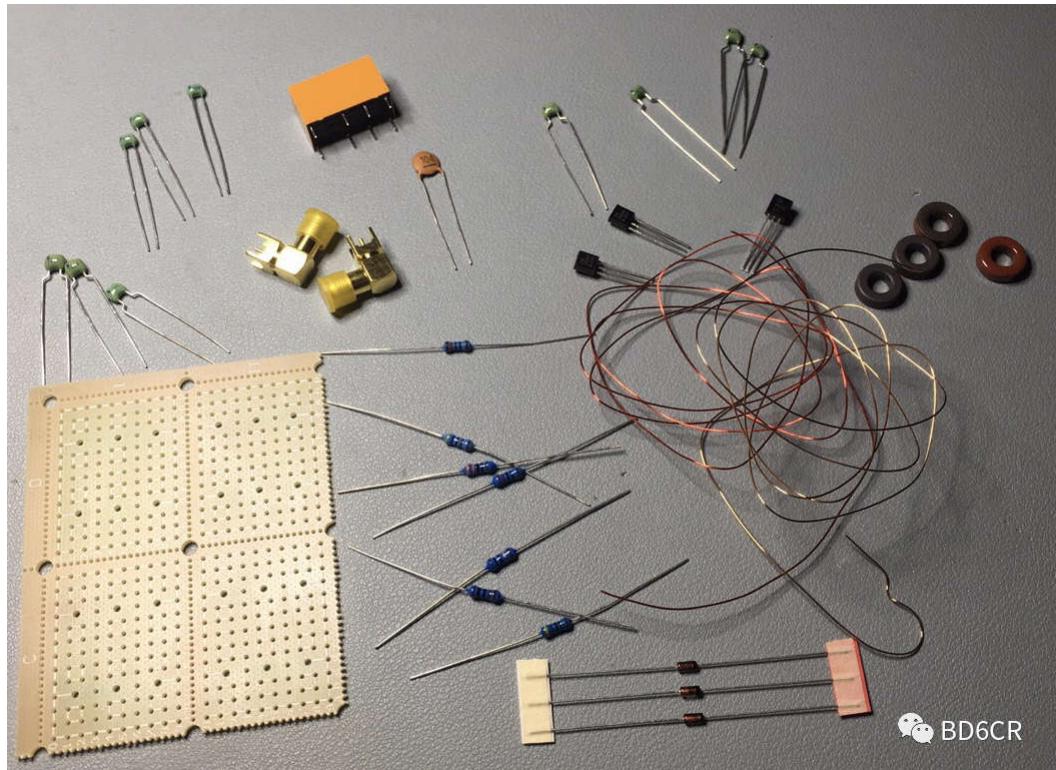


我的公众号上有很多关于皮鞋的改进文章，比如曾经研究过为啥容易烧管的问题，结论是 22uH 电感的饱和以及管子的耐压，都可能造成问题。

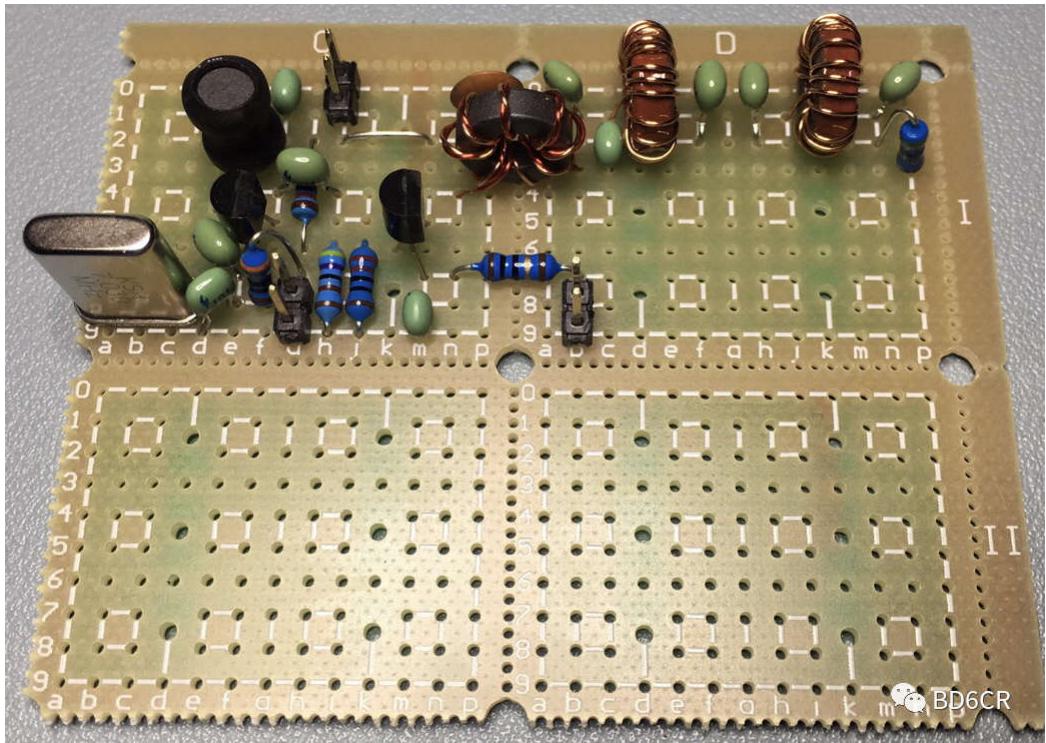
两单元洞洞板制作 2：带收发切换的 200mW 发信机

这个电路的设计者是日本著名作者 JF1RNR，摘自他的制作书，在日本这个电路也叫 AYU40，是十分著名的制作。这个电路还是有特点，2SC1815 振荡之后集电极输出，然后再 2SC1815 做 C 类功率放大，经过 4:1 阻抗变换后，接两级 PI 型 LPF 输出。附加电路是配合接收机使用的切换电路，比如你可以配合德生的 PL880 PL365 来作为完整的电报收发装置。

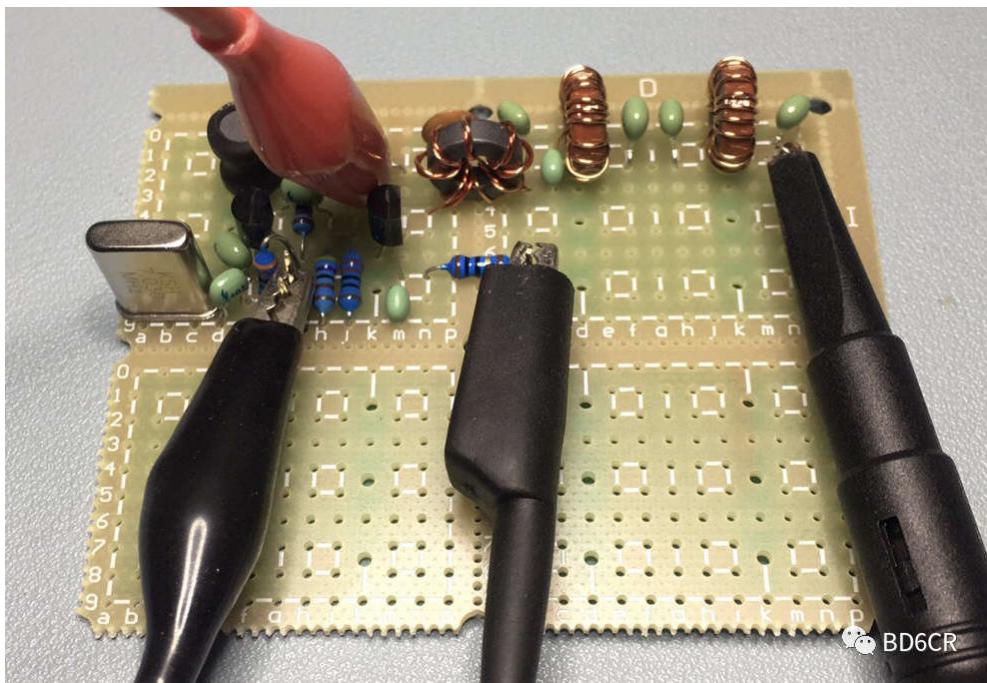
我攒了下元件，基本齐全，管子用 2N3904 两枚和 2N3906 一枚，晶体用 7030，也可以用 7023，原文电路的意思是，7000 的常用晶体可以串小电容拉高 3kHz 到 7003 这个日本 QRP 频率。



由于懒得绕磁环，其中振荡级输出的磁环采用了立式的固定电感 22uH。LPF 磁环用 T37-2 绕 16 圈。阻抗变换磁环双线绞后绕 8 圈中心抽头输出。晶体没有串可变电容。LPF 输出直接连接 51 欧电阻，方便示波器测量。板子下面预留的空间作为收发切换。

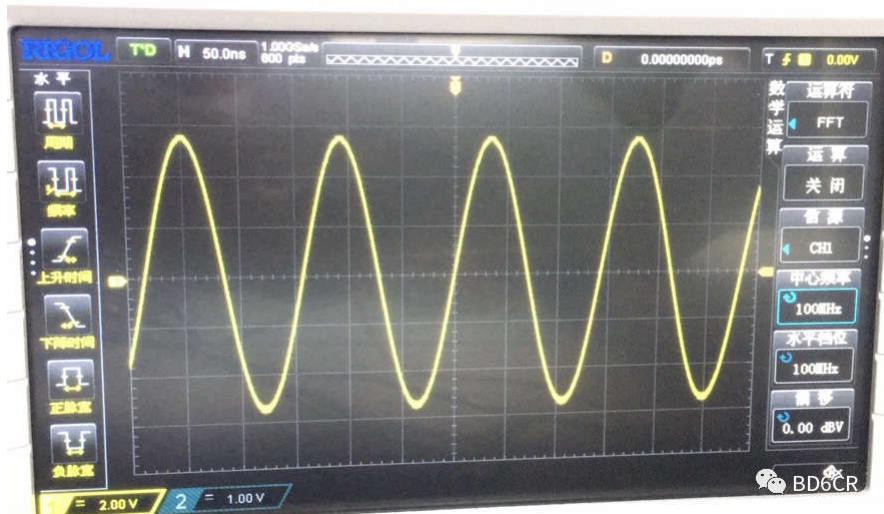


找元件和制作大概 2 个小时，过程十分愉快。群友还聊起了 1995 年前后《北京电子报》上海马震宇的专栏，似乎就有类似的电路，那时候美式磁环很贵，但是我们还是每次都很期待新一期的连载，看得十分过瘾。



用小鱼夹供电 12V，然后用示波器 x10 探头在 51 欧假负载电阻上测试，波形很漂亮，峰峰值 11V，折算功率 300mW。频率为 7028.4，串联一个 22p 左右的电容就可以拉回去 7030。

RIGOL DS1102 Z-E OSCILLOSCOPE UltraVision 2 Channel 100MHz 1GSa/s

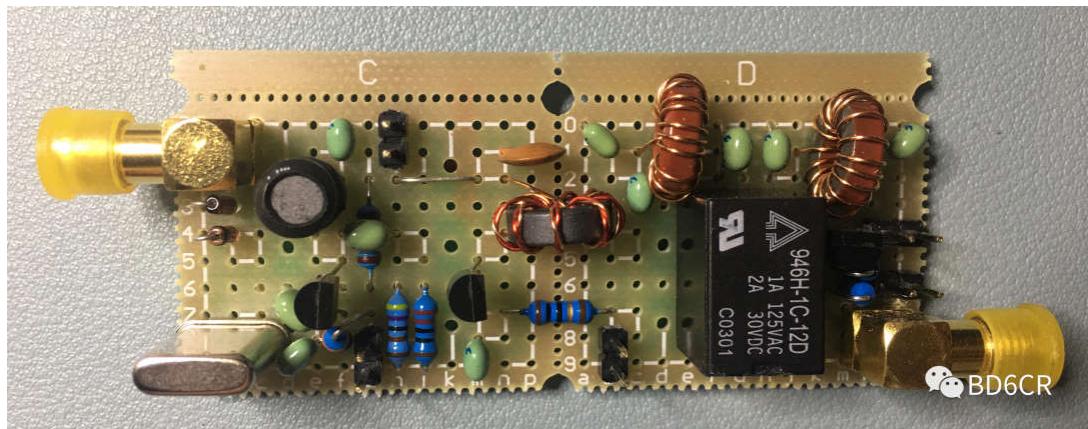


电源的读数为：

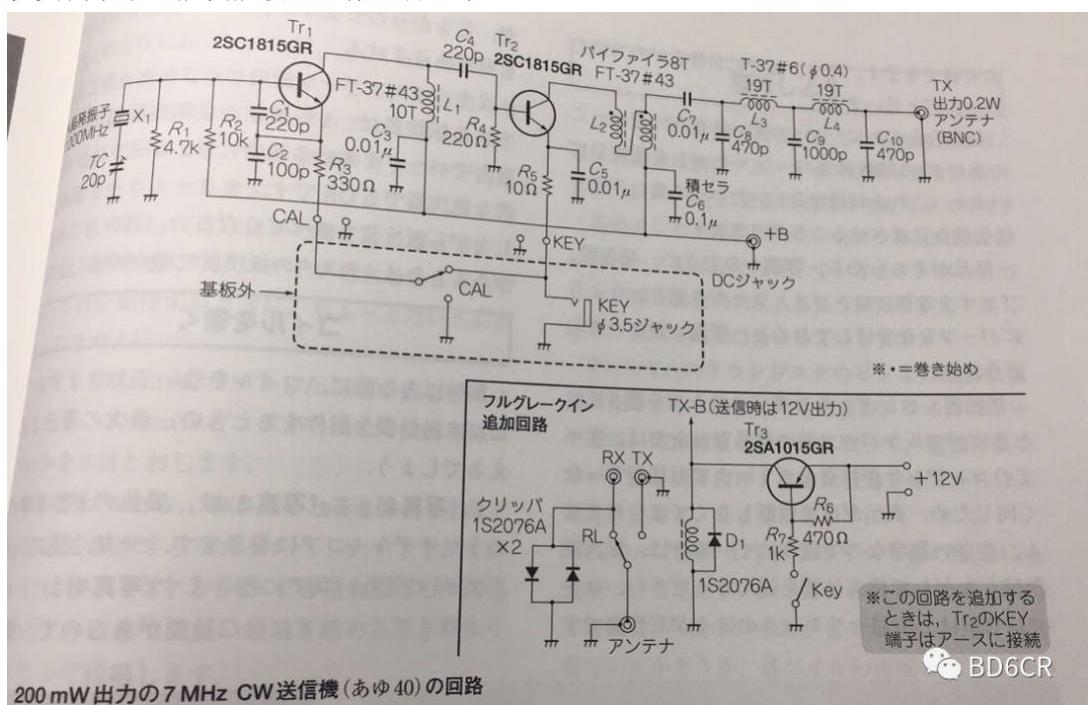


0.84 瓦的输入电源，输出 0.3 瓦。如果要计算末级放大器效率，应扣除振荡级的 0.01 左右的电流，整体效率是 40% 左右，十分正常。这个输出已经超出了书上 12V 200mW 的数据，可能是管子的差异造成，我使用的是国产长电科技的 2N3904，直流的放大倍数 300 多。

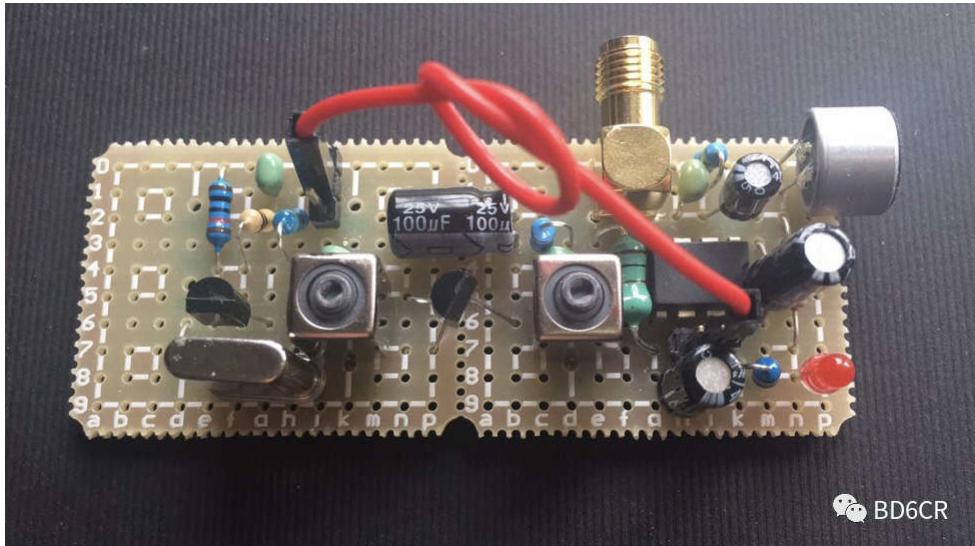
再加上收发切换电路，本来预算四个单元，结果给硬塞到了两个单元里面，而且丝毫没有过分拥挤，长跳线也只有两条，在背面。左边的 SMA 是接收机连接用，右边是天线连接。操作的时候，虽然继电器不停的响，但是能做到全插入操作。



这么小巧，可以配合一个 9V 叠层电池外出使用。我在家连接电源和 Sony ICF-SW7600G 收音机实测了下，能发能收，工作一切正常。



两单元洞洞板制作 3：FCZ 设计的 6 米 10mW AM 发射机



BD6CR

使用一小段时间完成了这个小电路，实测效果还不错。载波功率 10mW，大声语音可有 30mW 瞬间功率。使用 50.314 晶体，发射频率在 50.318 左右，AM 对频率稳定度不太严格。参考了 FCZ 的制作书，没想到有一本中译本。这个资料中高频扼流圈 Ch 可以是 100–220uH 固定电感。关于提升调制度的电路十分有趣。电路图里面有两个 C1，其中一个应为 C3。

利用巧克力洞洞板完成的电路制作，其杂散指标十分理想，比 PCB 版本要明显好。这里的关键是 50MHz 中周，可以参考前面的兼容元件列表选取。50.314 晶体可以到闲鱼找北京的 BG1NAL 购买，希望一直都还有卖，如果没有，也可以尝试 16.xxx 的基频晶体，通常也能正常使用。可以尝试不同的三极管，我采用 2 个长电（长晶）的 2N3904，性能十分理想。以下内容摘自科学出版社出版[日]大久保忠 JH1FCZ 著《无线电电子电路制作》的 3.2 章节“10mW, 50MHz 的 AM 发送机”。

3.2 10mW, 50MHz 的 AM 发送机

3.2.1 电 路

对于初次制作真正的发送机的爱好者来说,这是一个很适合的电路。

图 3.6 给出电路的组成,图 3.7 是具体的电路。

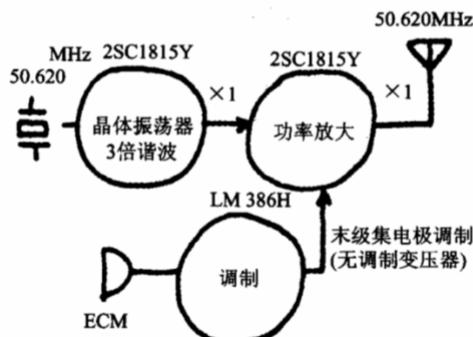


图 3.6 10mW, 50MHz 输出的 AM 发送机组成

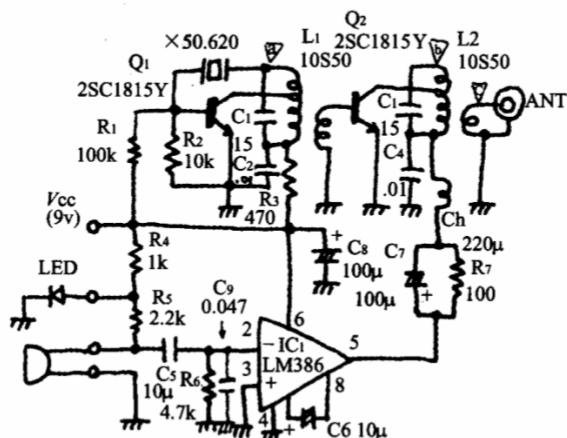


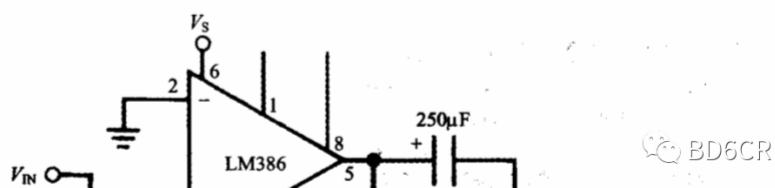
图 3.7 10mW, 50MHz 输出的 AM 发送机电路

【振荡电路】由 Q_1 即 2SC1815 组成 3 倍谐波振荡电路,产生晶振荡器的频率 50.620MHz 的信号。

【末级电路】 Q_1 发出的信号在 Q_2 (2SC1815) 放大后进行 AM 调制,称为“末级集电极调制”。

【调制电路】由 LM386 完成。一般来说,AM 发送机需要“调制变压器”,但是在本节的发送机中找不到它,由 FCZ 研究所设计这个电路属于“无调制变压器调制电路”。

图 3.8 是 LM386 的基本电路,输入电路不附带任何外加的器件,输出端子(引脚 5)输出 $1/2$ 的电源电压值,即 4.5V。



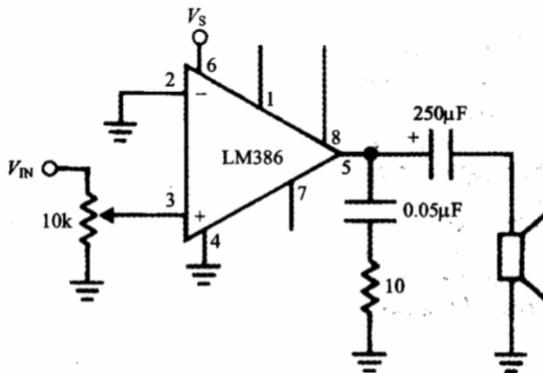


图 3.8 LM386 的基本电路

试将正电源接入 LM386 的十输入端子(引脚 3),在输出端子将产生 8.4V 的输出,比 9V 的电源电压低了 0.6V。再改将正电源接入一输入端子(引脚 2),结果输出仅 0.6V,与负电源接入十输入端子的结果相同。

综上可知,如果将 AF 信号接入十输入端子,若信号饱和,输出就在 4.5V±3.9V 的范围内振荡。如果改成一输出端子,将+、-颠倒,同样会出现这一结果。

LM386 是一款用于 AF 放大器的 IC。它的输出阻抗很低,仅数欧[姆]。因此将发送机的末端接到它的输出端子上就能起 AM 调制器的作用。

的确,如果将 LM386 的输出直接与发送机的电源连接它就成为一个 AM 调制器。不过这里仍有一点问题,就是所谓的“浅调制”。

如前,LM386 的输出为电源电压的 1/2,如果电源电压为 9V,那么它就输出 4.5V。另一方面,即使在饱和条件下,声音的输出也仅仅能达到±3.9V。

计算调制度,得到

$$\text{调制度} = (3.9/4.5) \times 100 = 86.6\%$$

这意味着,即使发出很响亮的声音,这个电路也无法得到 100% 的调制。

在这种场合就显现出 R₇, C₇ 的作用了。由于 R₇ 的存在,降低了施加在发送机末端的电压,但是由于声音信号从 C₇ 旁路走了,而且它的电压下降极小,因此可以实现深度调制。

3.2.2 布 线

印制电路板如图 3.9 所示。该电路板选用了寺子屋公司的 #230 系列产品,即 FCZ 的电路板——“组合 7”,这是一块万能板,能按照布线图直接接线,熟悉以后就会感到使用很方便。

在开始布线之前,需要对电路板进行前期处理,即按照图 3.10 敷设铜箔带,再将焊盘、走线等焊接在一起。元器件的具体安装可参考下面的内容。

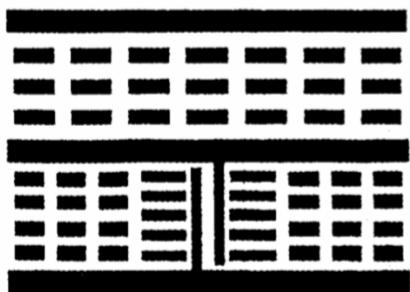
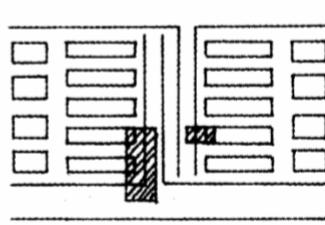


图 3.9 印制电路板



在阴影区敷设铜箔带,并与周边焊接

图 3.10 印制电路板的前期处理

图 3.9 印制电路板

图 3.10 印制电路板的前期处理

【陶瓷电容器】尽量剪短陶瓷电容器的引线,然后焊接。它无极性,所以对位置朝向无特别要求。安装时仅需注意日后维护的方便和不影响其他元器件的安装,以及露出元器件上的文字说明等等。

【电解电容器】安装时注意极性。

【高频扼流圈】严格地说,高频扼流圈是有极性的,不过在我们的这个电路中不存在极性的问题。

【电阻】如果将电阻直立起来使用,那么一般地要让热端(接入高频的一端,或非地线一端)位于下方,另外还要让表示电阻值的第一个文字(例如 $470\text{k}\Omega$ 的电阻,应该是黄颜色)朝上。

【线圈】10S型的线圈可以直接焊接在印制电路板的焊盘上。线圈壳的地线应该在电路板地线一侧直接焊接在一起,另一侧则弯成直角,在它与“+”电源之间安装旁路电容器。

【ECM】ECM 可选用各种厂家的产品,应该将一端子与机壳连接。

【LED】引线长的一端为+。

【LM386】LM386 引脚的定义是这样的:从上俯视 IC,将标有圆形记号或者半圆形缺口置于左侧,从左下开始向右数为引脚 1~4,从右上角向左数为引脚 5~8。本发送机中将 IC 直接焊接在印制电路板上,所以应该把 IC 的引脚向外弯折后再焊接。

图 3.11 给出元器件实际安装图,它应该与图 3.7 相互参照完成安装。凡是高频电路,无论发送机还是接收机都应该让接线尽量短。

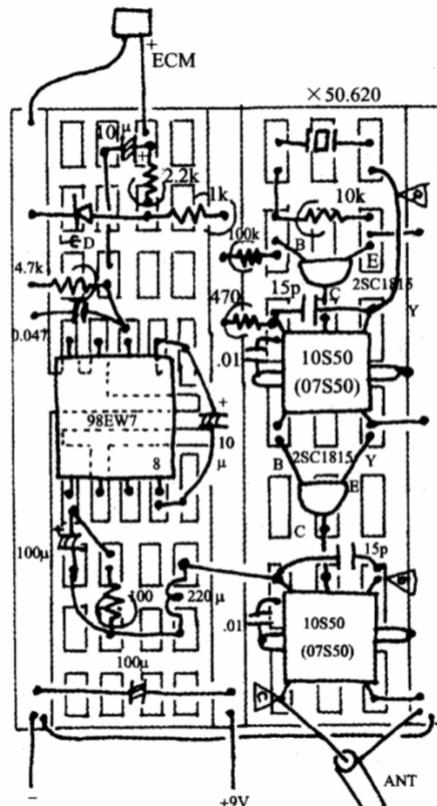


图 3.11 元器件实物安装图

3.2.3 电路的确认

完成电路的连接后,还剩下一项工作,即确认配线正确无误。在电路组装好了以后人们往往有松了一口气的感觉,而且认定自己制作的电路是不会有问题的。抱有这种看法未必是有意识的,因为毕竟是自己一个一个元器件焊接起来的,内心深处总有意无意地怀着良好的愿望。

所以一旦焊接完成之后,大家一定要休整一下,去喝喝茶、喝喝咖啡,甚至呼吸呼吸新鲜空气……

休整之后,回过头再来检查电路板上的连线。应该抱着怀疑自己的态度来完成确认工作。如果发现错误当然要立即加以改正。

3.2.4 连接电源

把寺子屋#205(206)系列的RF功率计连接到天线电路上。虽然就本书的输出而言,不用功率计检查系统也不至于遭到破坏,但是对大功率输出发送机这可是

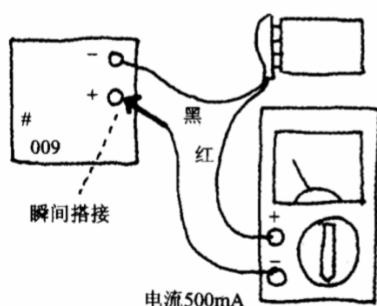


图 3.12 初次上电操作

必不可少的基本操作,所以有必要培养一下大家的习惯。

下一步轮到连接电源。首先参照图3.12把万用表设定到500mA的电流档,然后瞬间接通电压试试。此时如果表针摆到极限量程,说明电路中某处有短路,应该立即着手排查。

如果表针指示在20~30mA的范围内,LED也被点亮,说明电源在电路上没有问题,可以进行下一步。

3.2.5 振荡电路的调整

首先确认振荡电路是否工作。

- ① 把RF探针接到万用表上,将量程设定为DC10V左右。
- ② 用RF探针的前端测试L₁的热端(与晶体连接的一端,即a点),如果表针指示为数伏(V)的程度,表明振荡器处于工作状态。若不工作,但电路正常,则可以调节线圈使之振荡,然后转至下一步。
- ③ 边用RF探针测定振荡电压,边用线圈调整棒拧动磁心,让万用表的表针达到最大值,至此振荡级的调整即告结束。

3.2.6 末级的调整

- ① 用RF探针接触输出端子的热端(c点),暂时按照表针摆动最大来调整L₂的磁心。

② 比较a,c两点的电压值,应该是a点高。这会给人一种功率在某处被消耗了的感觉,原因在于c点的阻抗比a点低的缘故,这是正常的。另外应该能够观察到a,b两点的电压基本相同。如果b点的电压明显地比a点低,那么振荡级以基波振荡的可能性极大,此时应继续拧入L₂的磁心,做进一步的调整。

③ 如果几乎无法检测到b,c两点的电压,那么就需要检查IC引脚5至Q₂集电极之间所有各个点的电压值。它们大体应该在4~5V的程度,如果某处的电压过低,由该处开始检查IC一侧的元器件,以及该点周围的元器件。如果IC无电压输出,那么按照调制级解释的内容去做。

④ 接着该轮到试验电波的发送了。首先需要想一想前面提示你应该申报的各种手续是否已经办妥了?如果已经得到许可,那么应该把仿真载荷试验限制在允许的范围以内来进行。

允许的范围以内来进行。

⑤ 拆下功率计,往输出端子上连接 1.5m 长的尼龙导线,再一次做①的调整内容。

⑥ 发送信号,同时用 50MHz 的 AM 接收机在 50.620MHz 附近收听。这时你多半能够听到自己发出的声音,将接收机调整到自己的声音最清晰的位置。

⑦ 稍稍拧动 L_2 的磁心,如果自己声音的音质发生变化,则调整音质到最自然的程度。

⑧ 在做仿真载荷试验时,在⑤,⑥两步多半会听不见调制声。此时应将接收机天线(即尼龙导线)置于模拟负载的旁边,再调整 L_2 使得接收机收听得调制声最大。如果使用功率计,那么此时的输出应该比先前的最大输出略有下降,这是正常的。

3.2.7 调制级的调整

如果在接收机里收听到自己经过调制的声音,那么首先可以确认调制电路的工作是正常的。否则,应该按照下面的步骤进行检查。

① 首先仔细检查 IC(LM386)的接线是否颠倒了(引脚 1,5 交替)?

② 检测 IC 各引脚的电压值,列举正常值如下:

引脚 1…1V、引脚 2…0V、引脚 3…0V、引脚 4…0V、引脚 5… $+V_{CC}/2$ 、引脚 6… $+V_{CC}$ 、引脚 7…3V、引脚 8…1V。

③ 特别要注意 5,6 两个引脚的电压,如果出现异常,应该采取措施。

④ 把 C_7 与 L_2 连接的一侧断开,在该侧与地线之间连接扬声器,其后,如果电路无问题,那么向话筒讲话,就应该能从扬声器听到自己的声音。

⑤ 如果收听不到任何声音,用手触摸 IC 的引脚 2,如果电路正常,应该发出与前面听到的相同的“啵——啵——”声。

⑥ 检查 ECM 的+、-连接是否正确。

⑦ 若正常,ECM 的(+)端应该有 2V 左右的电压。

3.2.8 应用

实际应用时应该把这个接收机装入金属外壳中。用双面胶带把印制电路板粘贴到外壳里,可能的话,把电路板的地线与外壳连接起来。天线的连接端子选 M 型或者 BNC 型均可。

参照图 3.13 制作发送、接收的切换。

由于发送频率固定在 50.620MHz,因此接收机应首先接收 50.620MHz 的信号。在该状态下如果出现能够接收的电台,可呼叫一下试试,如果没有反应,就出现 CQ。

本装置的输出功率十分小,仅仅 10mW。如果欲与远处的电台通信,需要更换高增益天线。只要天线以及其他条件符合,与相当距离远的电台通信应该不成问题,如果在山区移动,那么传至 100km 也是可能的。

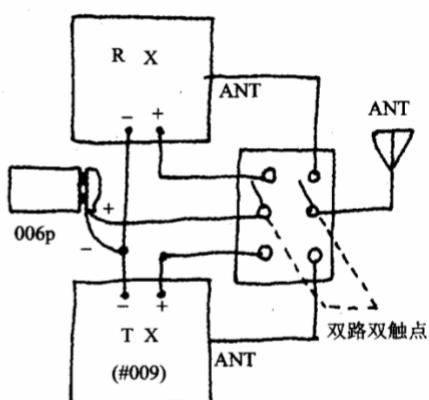
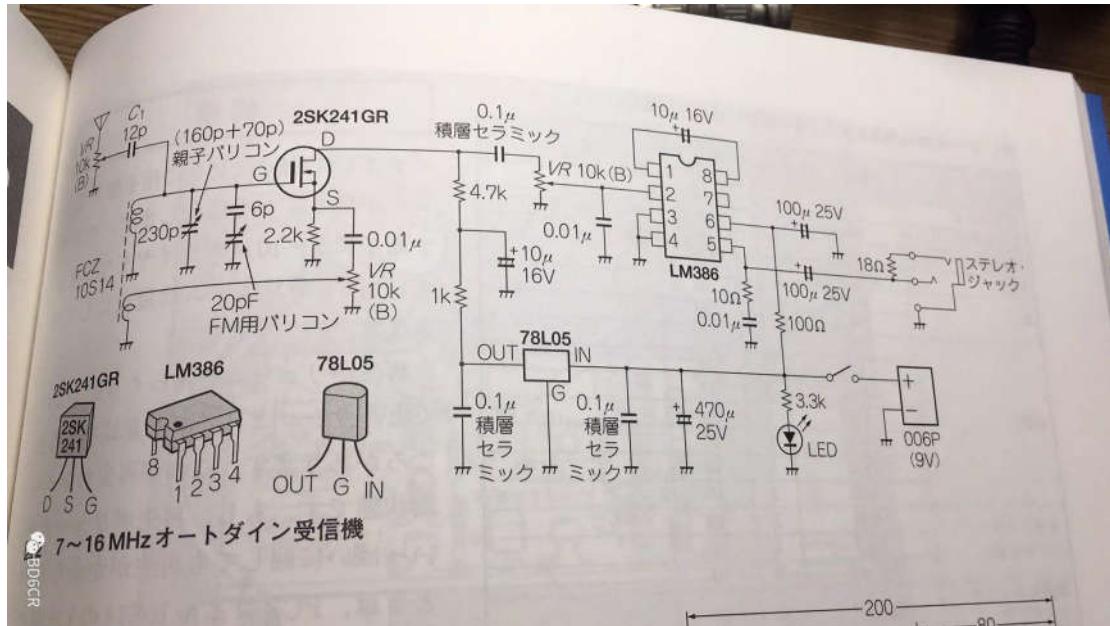


图 3.13 发送、接收的切换

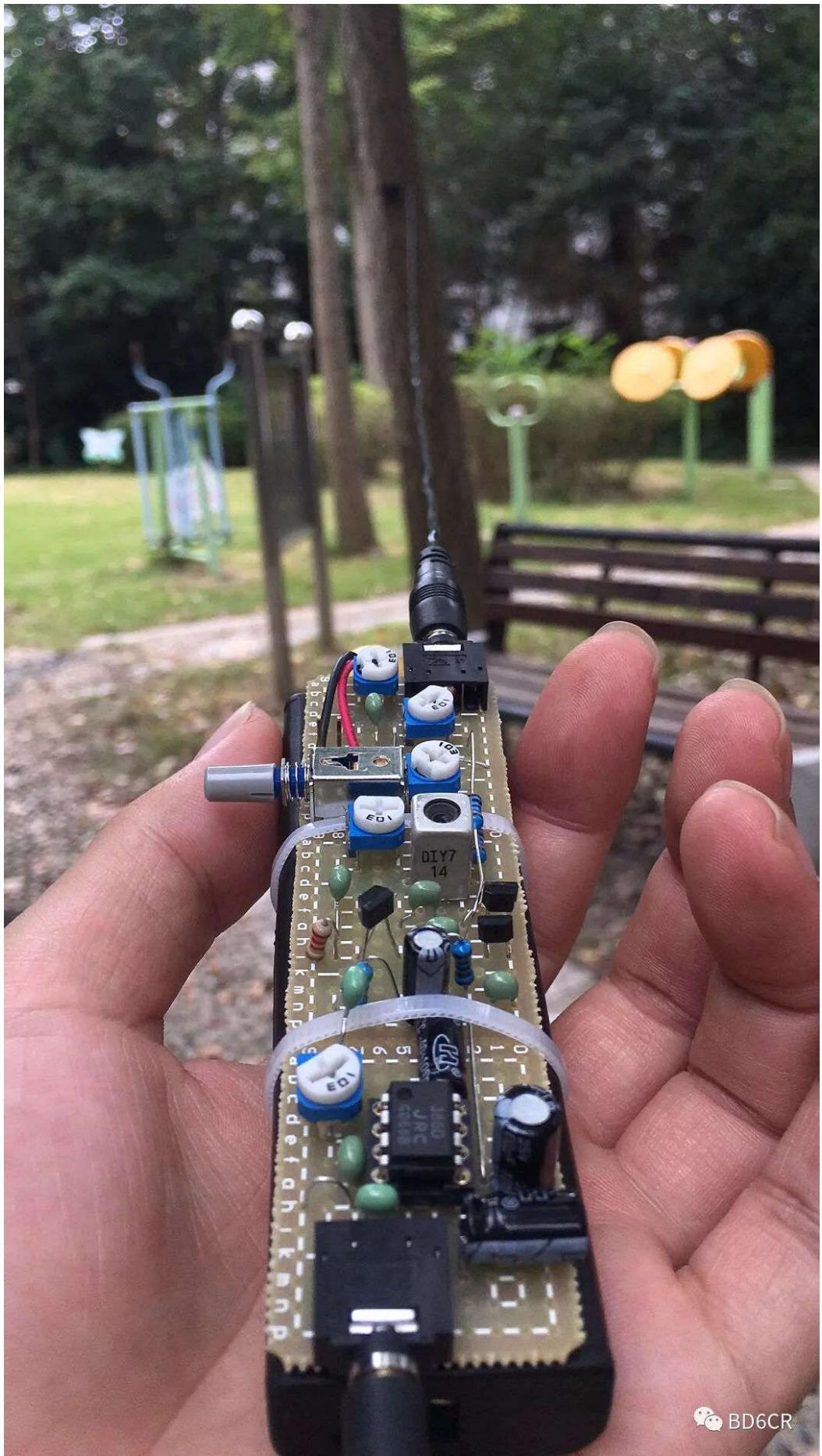
但是,一般来讲能够与 5~10km 的地方台通信也就相当理想了,甚至可以和多个地方台进行通信实验。

三单元洞洞板制作 1：再生短波广播接收机

这个电路的设计者是日本著名作者 JF1RNR，摘自他的制作书。比较起原电路图，我做了一些改动。首先我打算 4 节 5 号电池供电，镍氢电池一般 1.25V/节，加一起正好 5V。那么直接去掉 78L05 电路，给 LM386 直接 5V 供电。另外，可变电容少许累赘，找了两个变容管，一个 V149 负责粗调，另外一个 BB910 负责细调。你会问要不要稳压电路？其实电池电压在低负载下一段时间内很稳定，我的看法是不用。



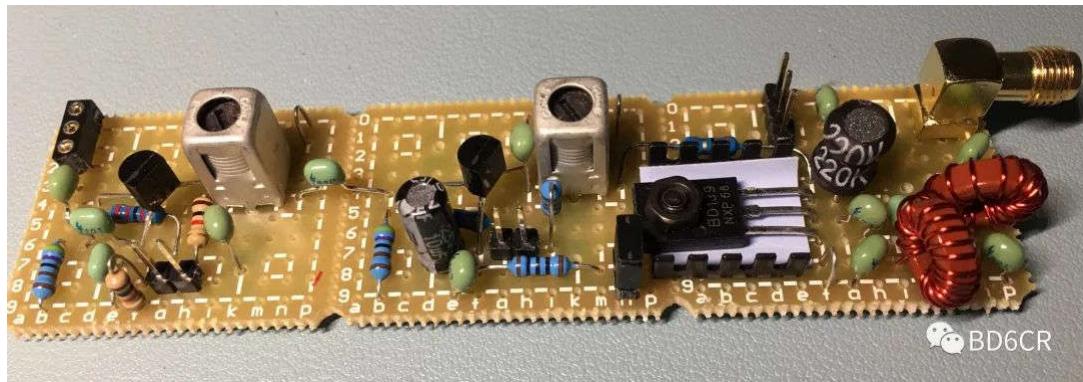
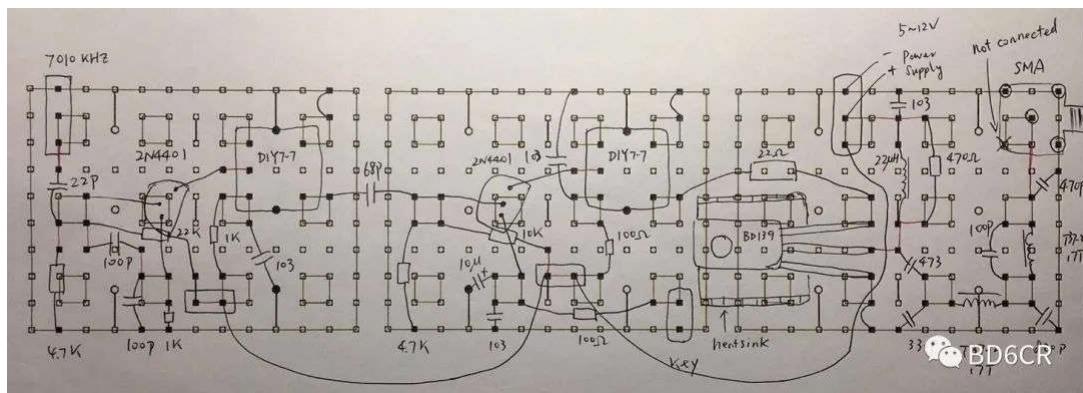
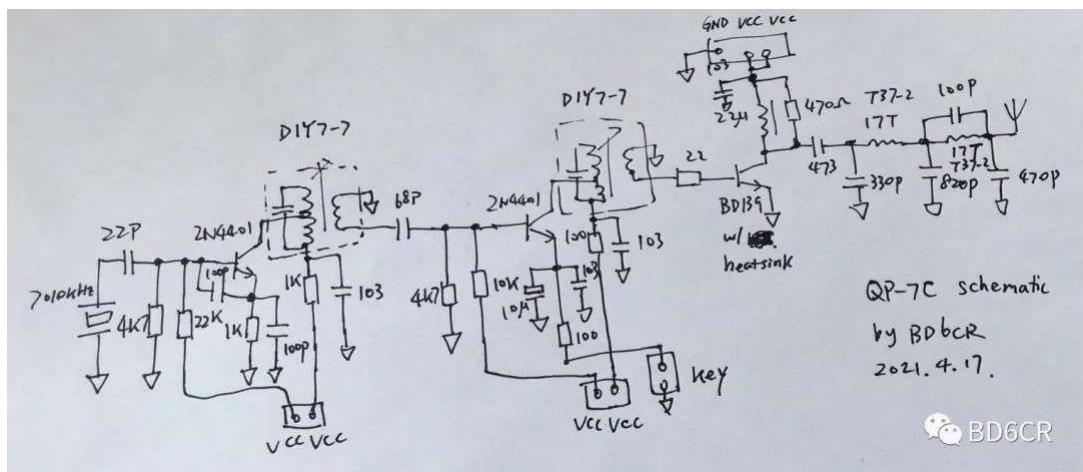
所以你看到很多个微调电阻就不奇怪了，从上到下分别是：天线衰减、细调谐、粗调谐、再生调节、音量调节。制作过程踩坑是难免的，一开始根本没啥灵敏度，怀疑电路根本离振荡很远，重点怀疑代换的 DIY7-14 中周线圈的初次级同名端搞错，更换一下就好了。频率覆盖很宽，大约 6-16MHz，多亏了细调谐的辅助。在合适的再生量下，也可以接收 CW 和 SSB，当然由于频率稳定性的问题，听 AM 广播还是更合适的选择。效果如何？我放在群里不少录音，大家都说很好。我使用收音机天线到小区花园收听，效果也很好的。



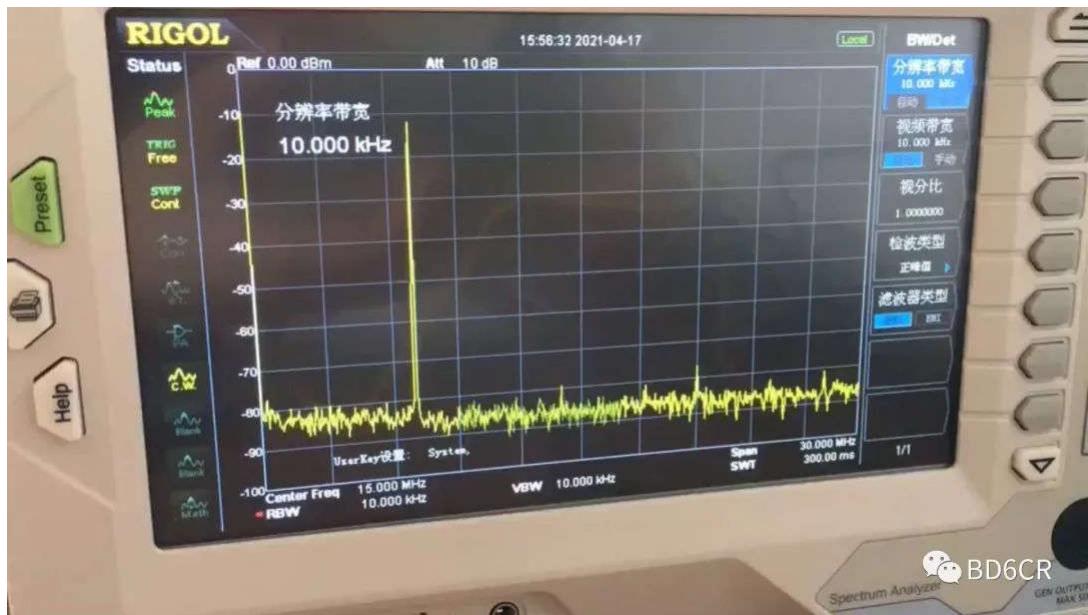
三单元洞洞板制作 2：QP-7C 月季发信机

MIZUHO 的 QP-7 日语叫 BARA，日本汉字写作薔薇。两个最著名的薔薇科植物就是玫瑰和月季，英文都叫 ROSE，但是我认为月季更中国一些，和 QP-7C 的命名呼应。这里 C 可以理解为中国或者巧克力板。这个发射机杂散特别纯净，功率有 1 瓦。

利用手头的元件，基于 1977 年 MIZUHO CW 发信机套件 QP-7，改成的电路如下。将皮尔斯振荡器变为考毕兹，将低通也小改了下。



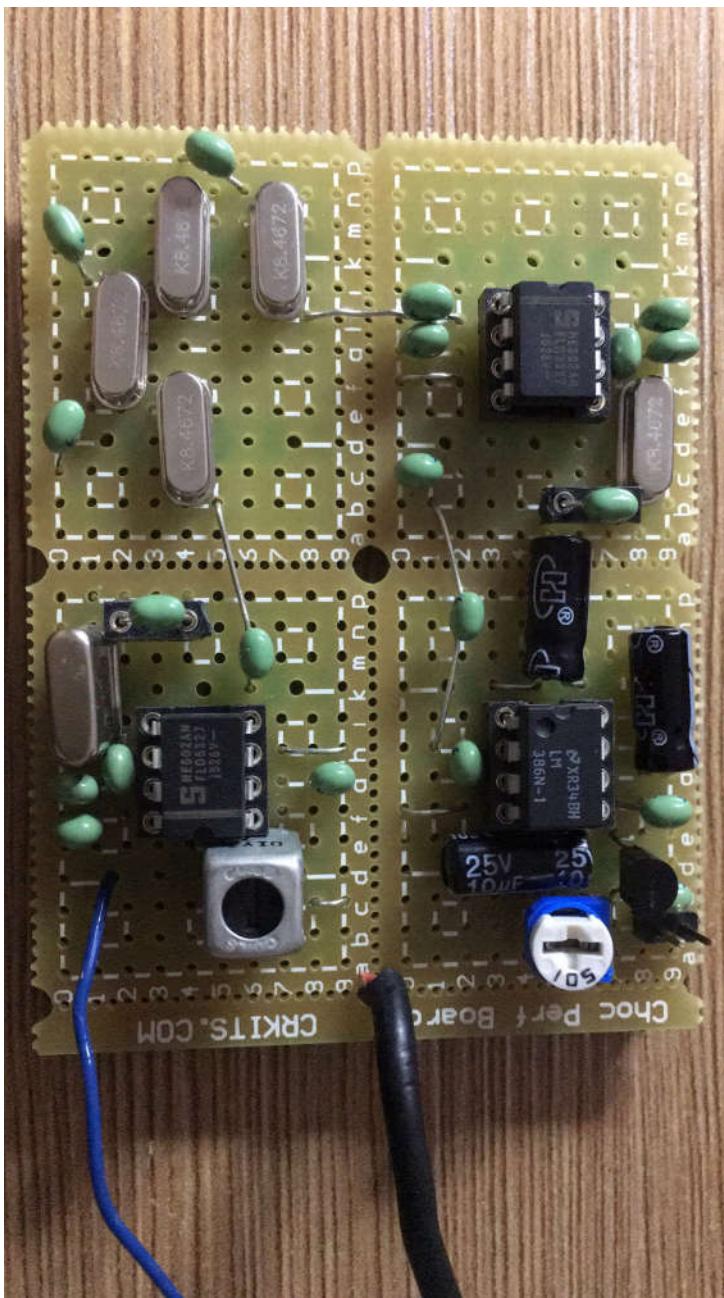
这是样机的杂散测试结果，非常一致，均超过 -60dBc。



四单元洞洞板制作 1：超外差 SSB 接收机

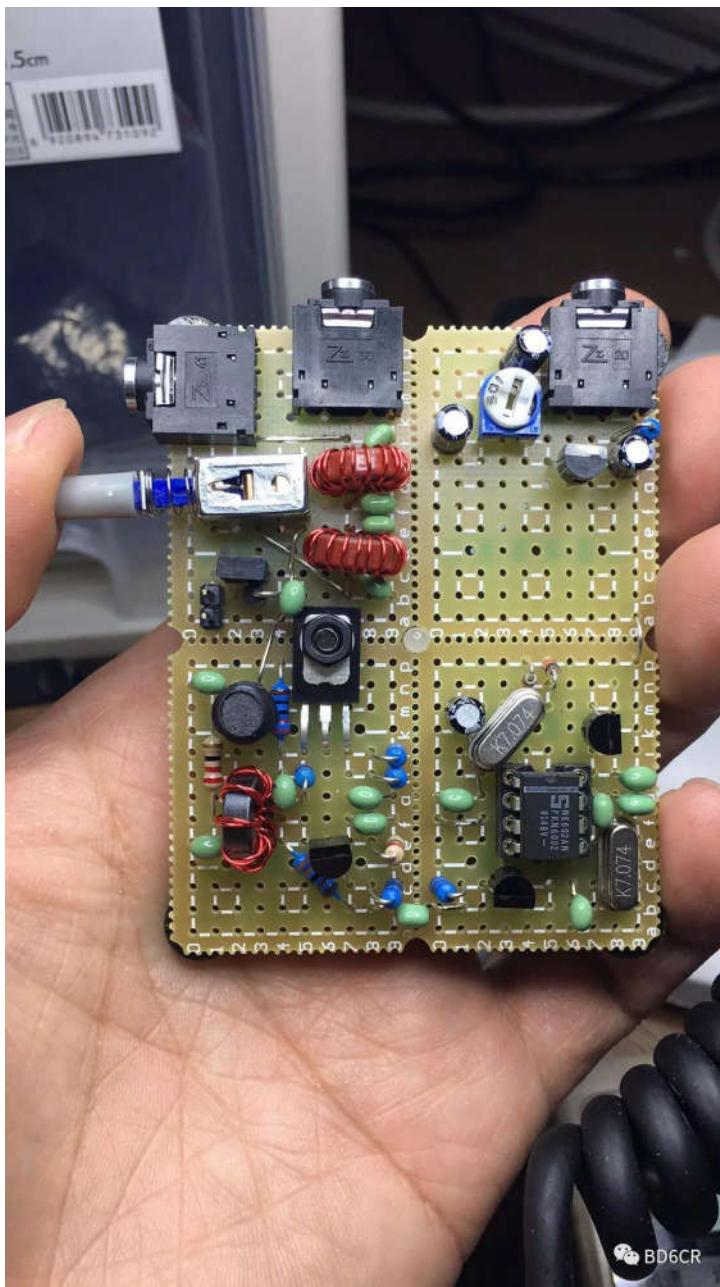
其实这个电路是为了 40 米 FT8 接收实验准备的，典型的两个 NE602 加上一个 LM386 的电路，还带一个晶体滤波器，不带中放。可以在四个单元完成制作。电路图略。

这里特别说明几个常见的模块电路制作。首先是 LM386 音频功率放大电路，位于图的右下部分；其次是包含晶体振荡电路 NE602 混频/解调电路，位于图的左下和右上，其中左下还包含了输入中周选频。洞洞板设计对于 NE602、LM386 以及 MC1350 的常用电路都非常友好，因此，制作过程会感觉到如有神助，特别方便，且性能稳定，不容易产生自激或者其他问题。

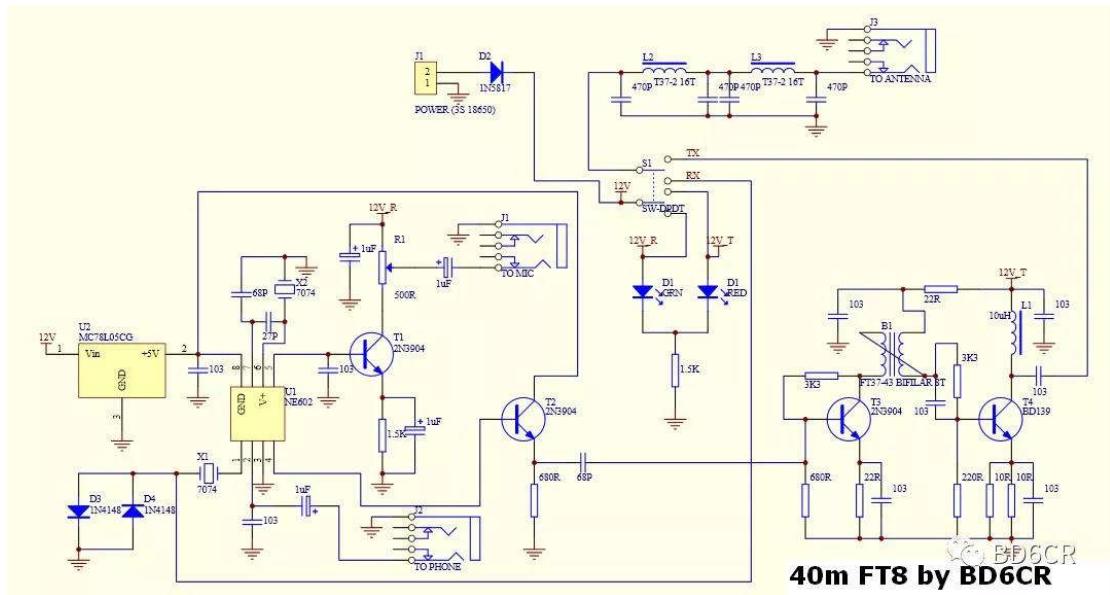


四单元洞洞板制作 2：手动 FT8 收发信机

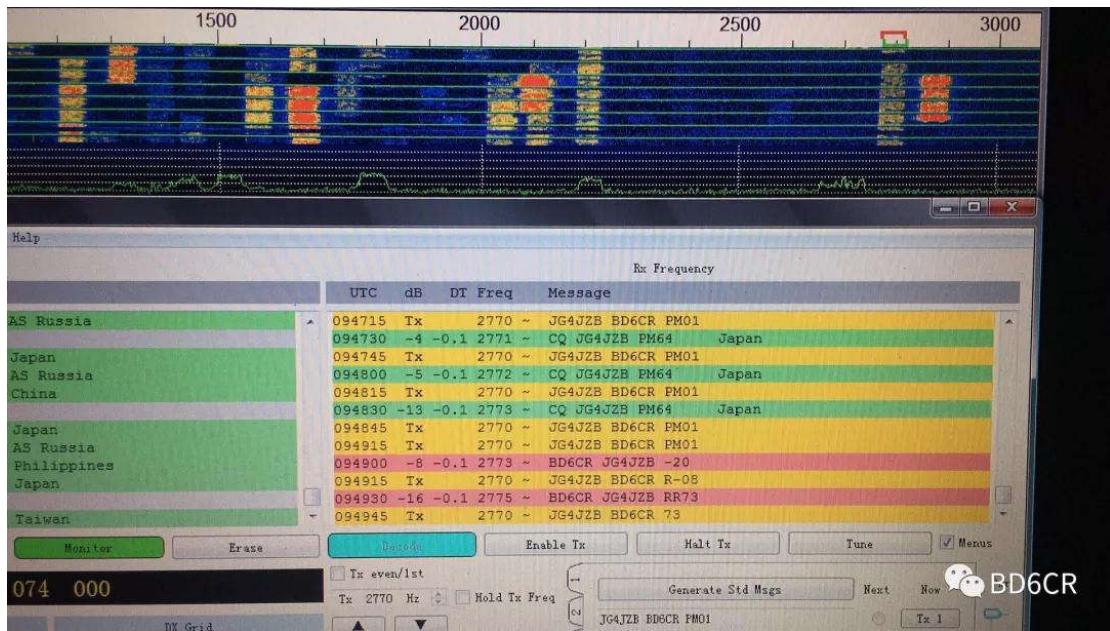
这是 D4D 的原型机，手动控制收发其实也没有问题，而且趣味更多。左手按 PTT，右手点鼠标。实际操作没有难度，还可以增加参与感，防止老年痴呆。这个版本的电路使用一个三极管作为音频放大，增益已经足够。按键的款式是不是类似对讲机？这个按键带自锁所以不用老是按住，只要每 15 秒按一下就好。注意 BD139 的散热处理，需和地做必要的绝缘。



电路图是这样的，是不是很简单呢？

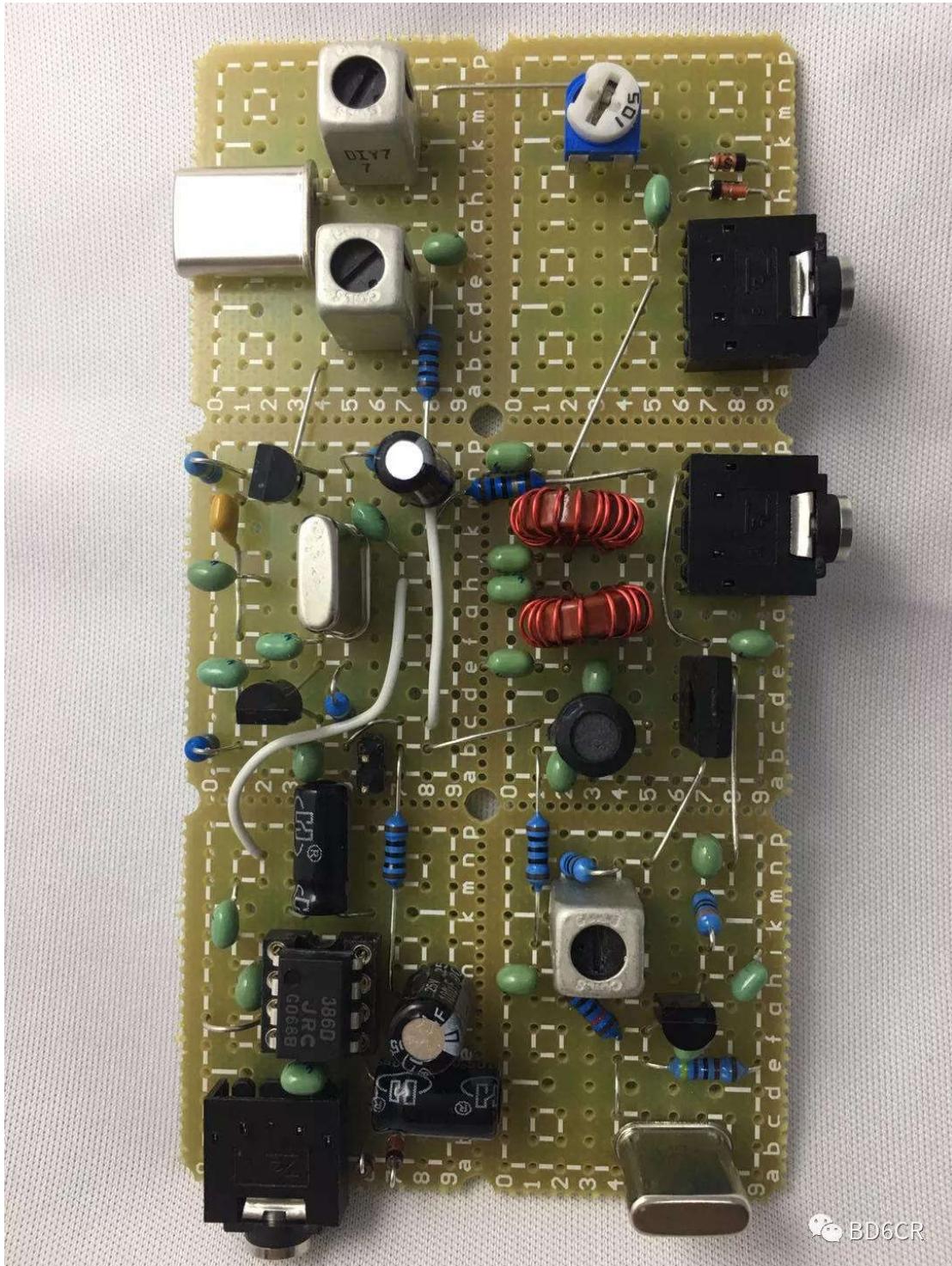


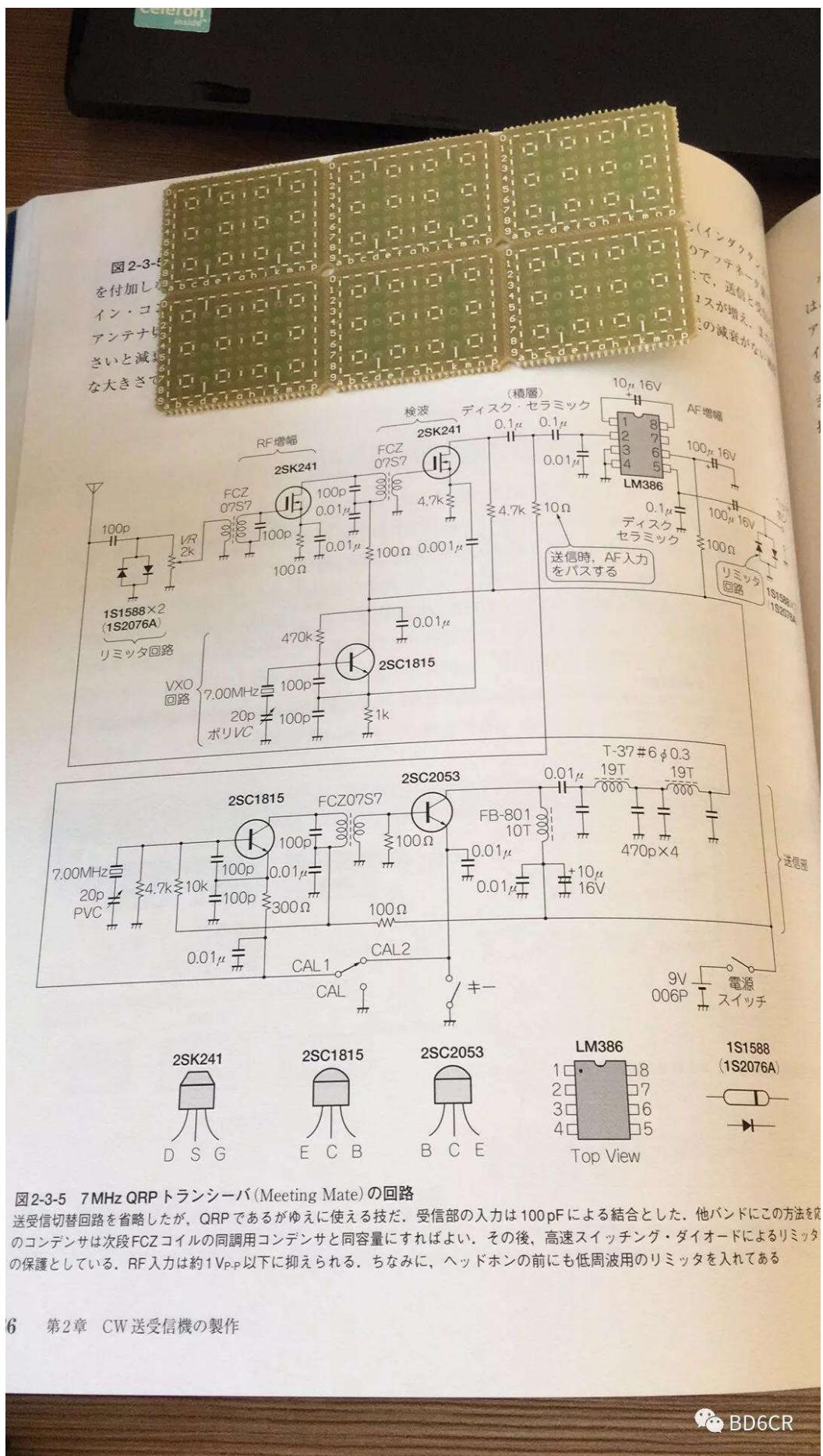
这个机器装完以后轻松做了几个通联，包括两个日本台和一个国内台，比想象中的效果好！



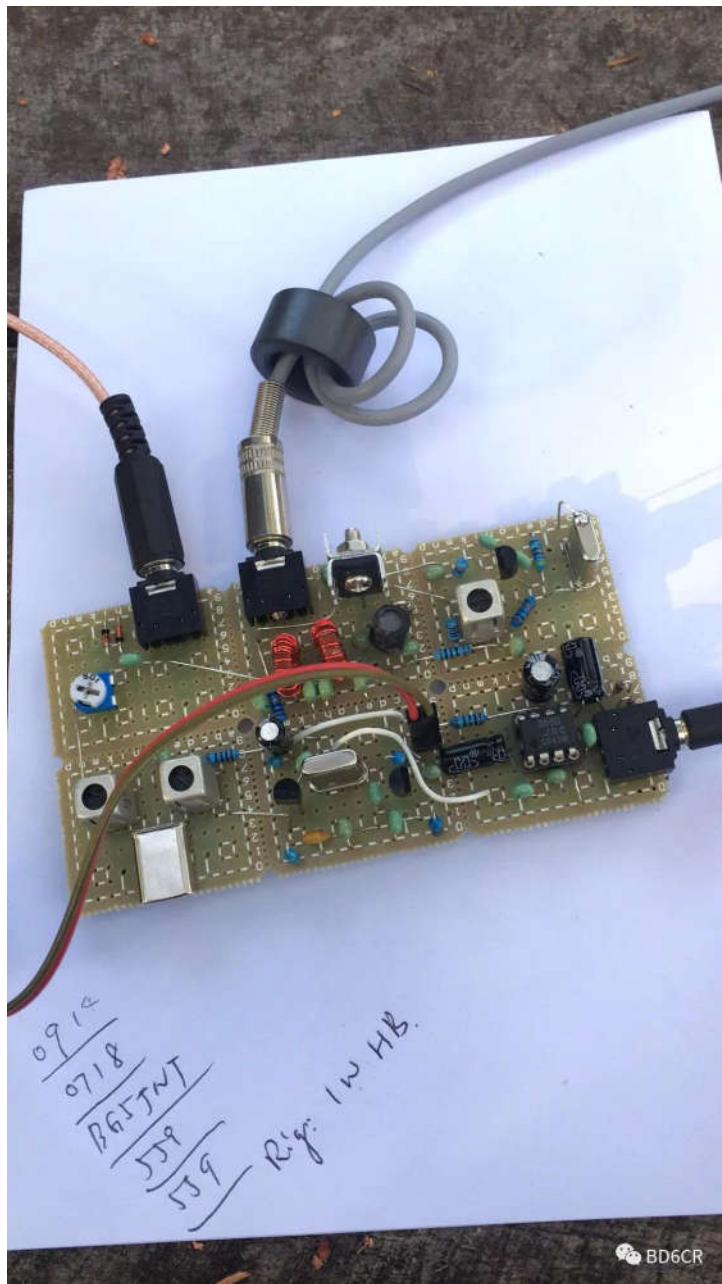
六单元洞洞板制作 1：半瓦 CW 收发信机

这个电路的设计者是日本著名作者 JF1RNR，摘自他的制作书。使用 6 个单元洞洞板完成。2SC1815 可以用 2N3904，长电科技的国产品，放大倍数大约 250。2SC2053 以 2SC1162 原装管代换，放大倍数 100 出头。中周均用 DIY7-7。



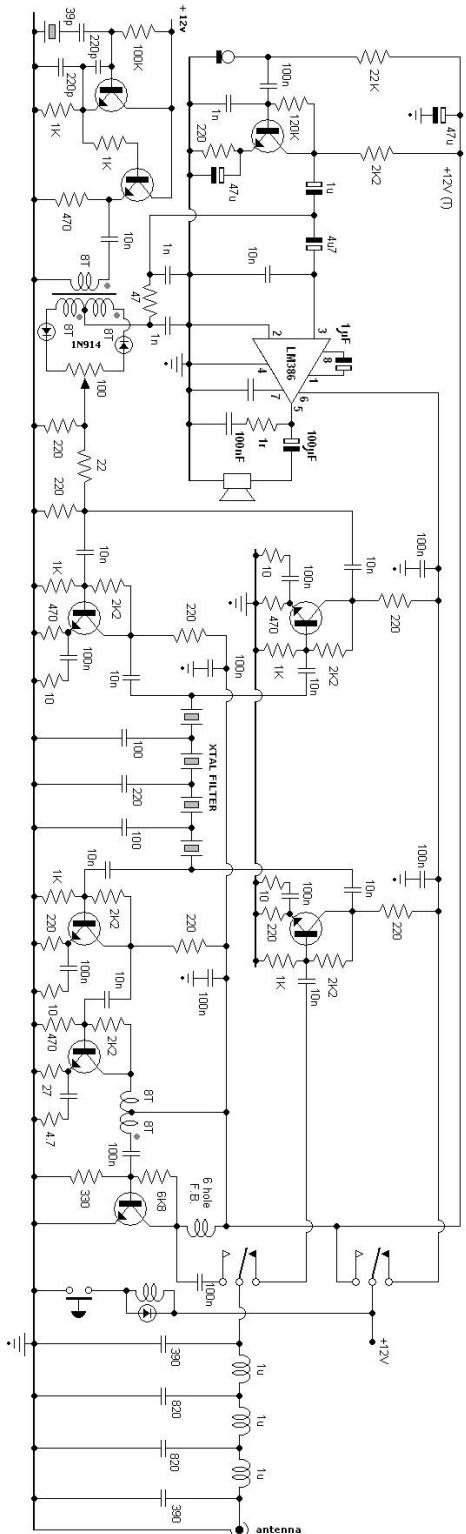


后来我又进行了摩机，将电源提高到 12V，并做了一些保护，将发射功率妥妥的提升为 1 瓦。此照片记录了一次成功的测试通联。

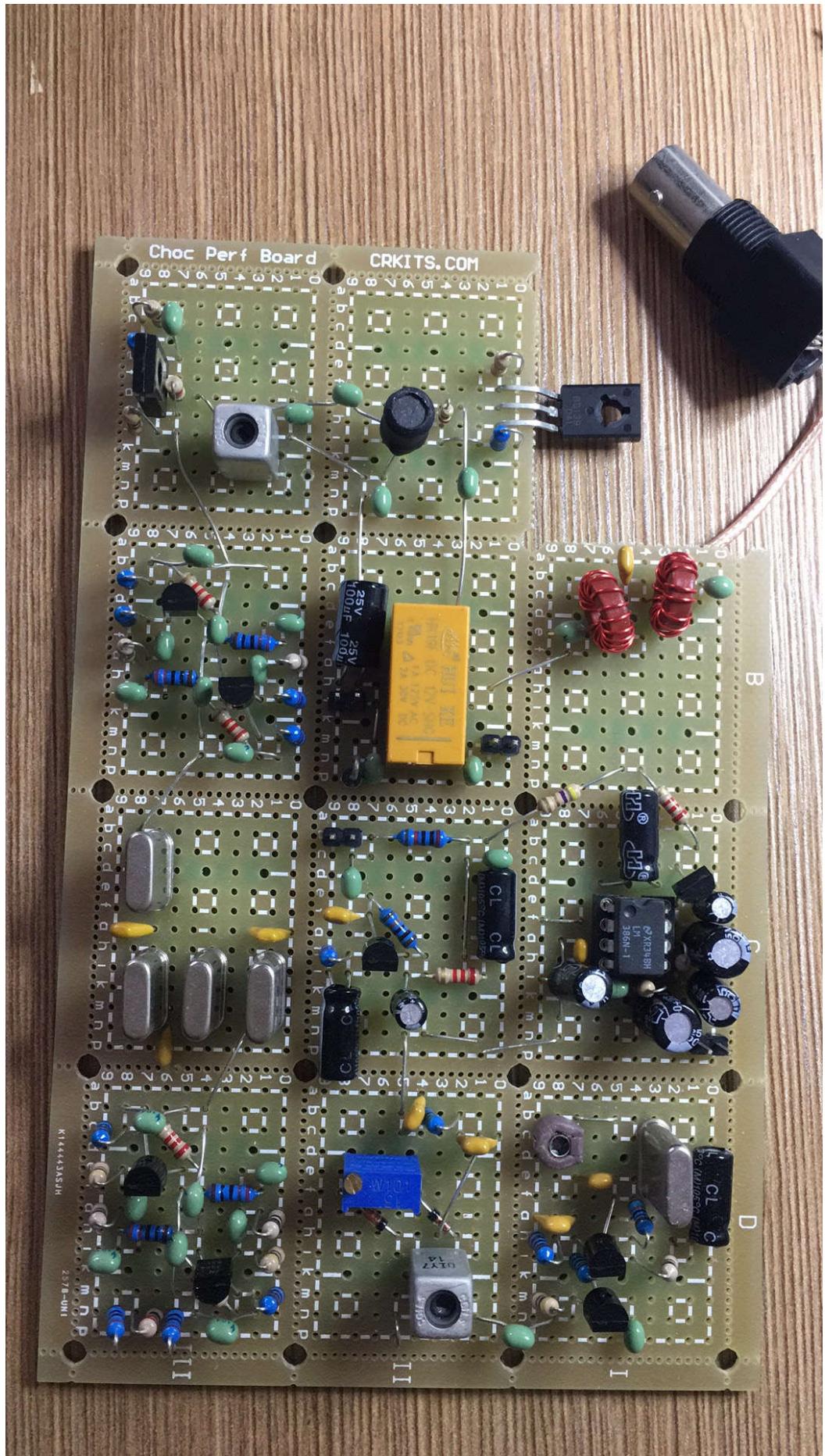


十二单元洞洞板制作 1：无旋钮的 SSB 收发信机

这是 VK3YE 的设计，刚好用一块大板子做下来，单频点的 SSB 收发信机，发射功率 2 瓦。电路可以看成是 BITX 的简化。电路可参考这个版本：

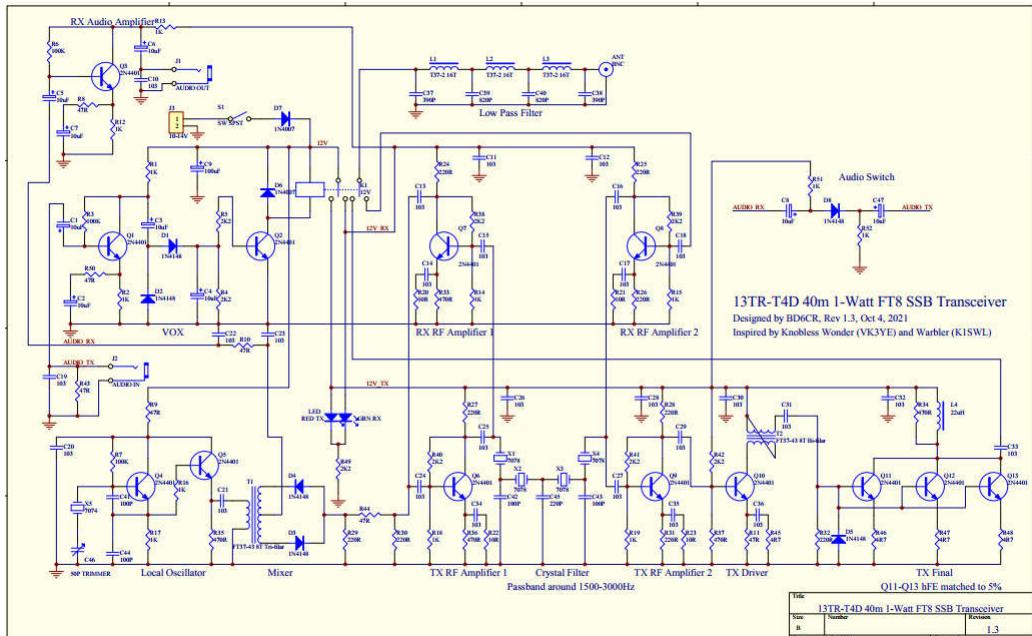
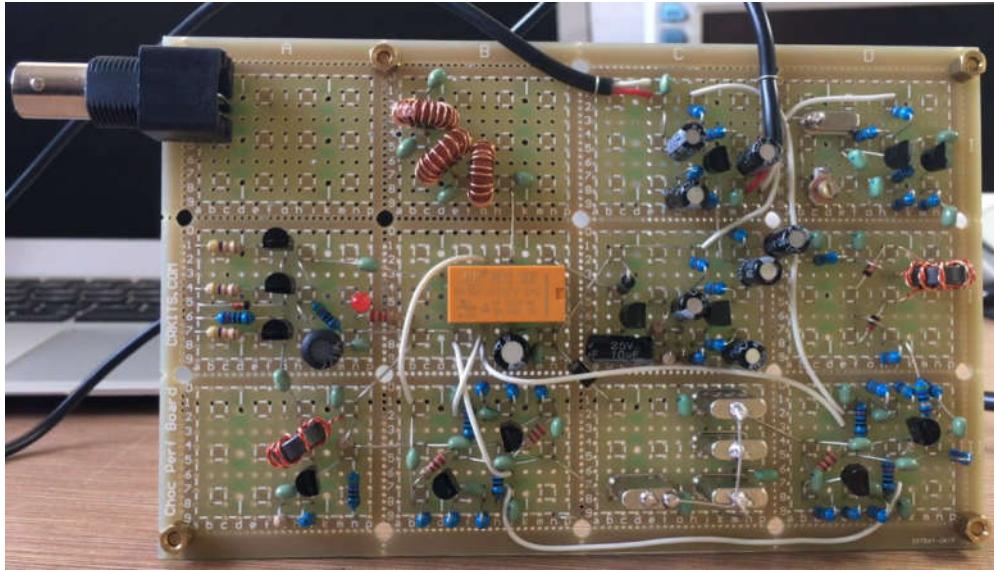


电路设计: VK3YE 原理图绘制: VK6FH



十二单元洞洞板制作 2：13 管 FT8 收发信机

这是 BD6CR 原创设计，在 VK3YE 的 Knobless Wonder 基础上进行了一些电路改动，利用单一型号的 2N4401 三极管制作可实用的 SSB 的 FT8 收发信机，发射功率 1.5W 左右，目前仅能工作在 40 米波段。



元件清单

- 元件
- 1K 欧
- 1N4007 二极管
- 1N4148 二极管
- 2K2 欧
- 2N4401 三极管
- 4R7 欧

数量	标号
10	R1/R2/R12-R19
2	D6/D7
5	D1-D5
8	R4/R5/R38-R42/R49
13	Q1-Q13
4	R45-R48

电源插座	1 J2
10 欧	4 R20-R23
10uF 电解	8 C1-C8
12V 继电器	1 K1
22uH 固定电感	1 L4
47 欧	7 R8-R11/R43/R44/R50
50P 微调电容	1 C46
100K 欧	3 R3/R6/R7
100P 零温漂独石	4 C41-C44
100uF 电解	1 C9
103 独石 (直脚)	27 C10-C36
220P 零温漂独石	1 C45
220 欧	9 R24-R32
390P 零温漂独石	2 C37/C38
470 欧	5 R33-R37
820P 零温漂独石	2 C39/C40
7074 晶体	1 X5
7078 晶体	4 X1-X4
红/绿双色 LED	1 LED
BNC 天线座, 含螺母和垫圈	1 ANT
FT37-43 黑色磁环 取金色和红色漆包线各 20cm 绞合后绕 8T, 做成中心抽头	1 T2
FT37-43 黑色磁环 取金色漆包线 40cm 对折, 红色漆包线 20cm 三线绞合后绕 8T, 取红金两 线做成中心抽头	1 T1
电源直键开关	1 S1
T37-2 红色磁环 取金色漆包线 25cm 绕 16T	3 L1-L3
T0 HEADPHONE 音频插座	1 J3
T0 MIC 音频插座	1 J1
音频对连线	2
3 节电池盒	1
铝合金外壳和 PCB 面板, 加上脚垫	1

从低到高焊接，先焊接电阻、二极管，然后是 103 独石电容，再是更多独石电容、三极管，再是其他元件。注意除了 7078 高个晶体外，所有元件不要超过继电器的高度。连接器一定要安装到位以后再焊，避免面板安装困难。双色 LED 可先用万用表二极管测量功能判断哪边是红哪边是绿。

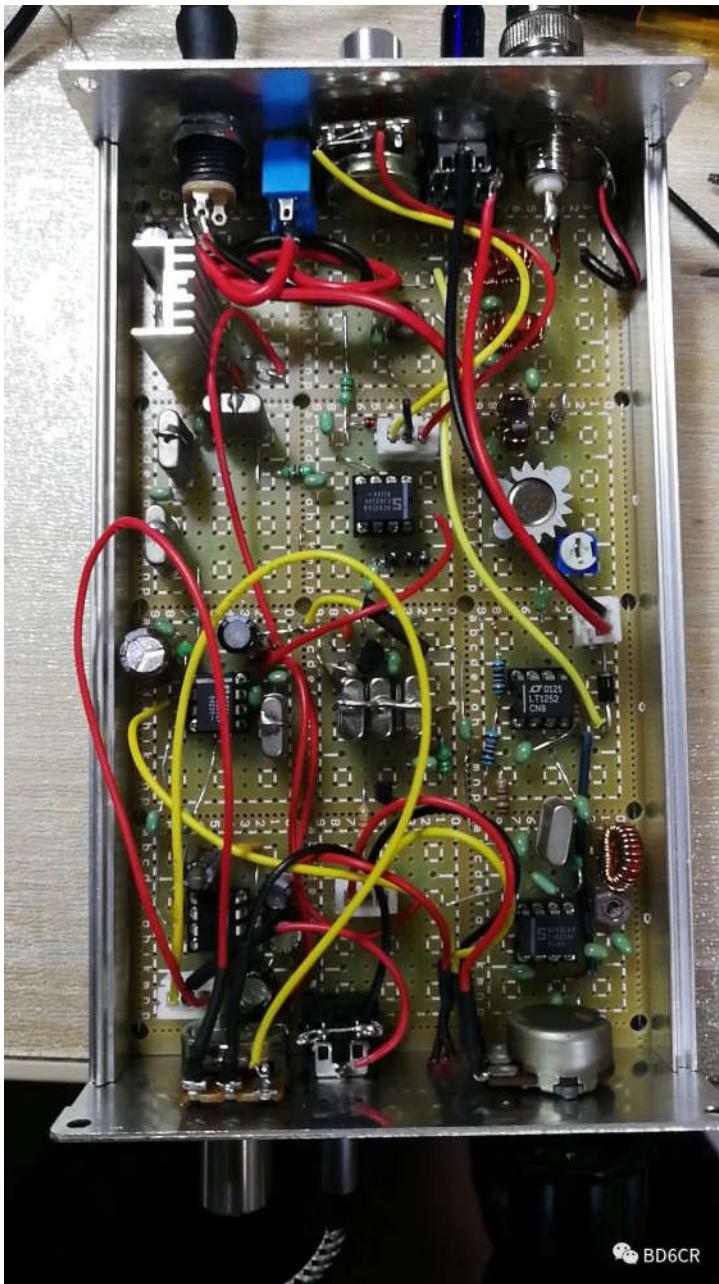
两个高频变压器 T1 和 T2 绕制略要仔细些，双线或者三线绞合并绕可以理解成为了更好的线间耦合信号，但是本质上和普通并绕没啥大区别，所以绞稀点密点影响不大，8 圈也只是为了足够的电感量，其实 7 圈或者 9-10 圈并没啥大区别。这里的难点是中心抽头，以双线并绕为例说明，取磁环两侧异种颜色的线刮开皮后绞在一起作为中心抽头，那么三线并绕只需要先用万用表通断档挑一组金色的线头，然后将其余的金红线类似双线进行中心抽头。

使用电源 12V 时，接收电流差不多 50mA，发射电流正常在 300mA 以上。唯一的调试是振荡频率微调，细细调节到 7.074，如果没有频率计，也可以先调节到中间位置即可。如果手机有音频频谱 APP，而且手头有频率校准过的接收机，可以用接收机监听，用手机测量接收音频频率，和发射的音频频率对比进行校准，也非常靠谱。

操作的时候，锁定发射音频在约 1500-3000Hz 范围，超出范围没有发射功率，这个音频范围会因振荡频率微调结果而不同。声卡音频输出要调高，否则无法触发 VOX 电路，无法发射。操作上和 D4D 非常类似，可以参考。

十二单元洞洞板制作 3：NorCal 名机 SST

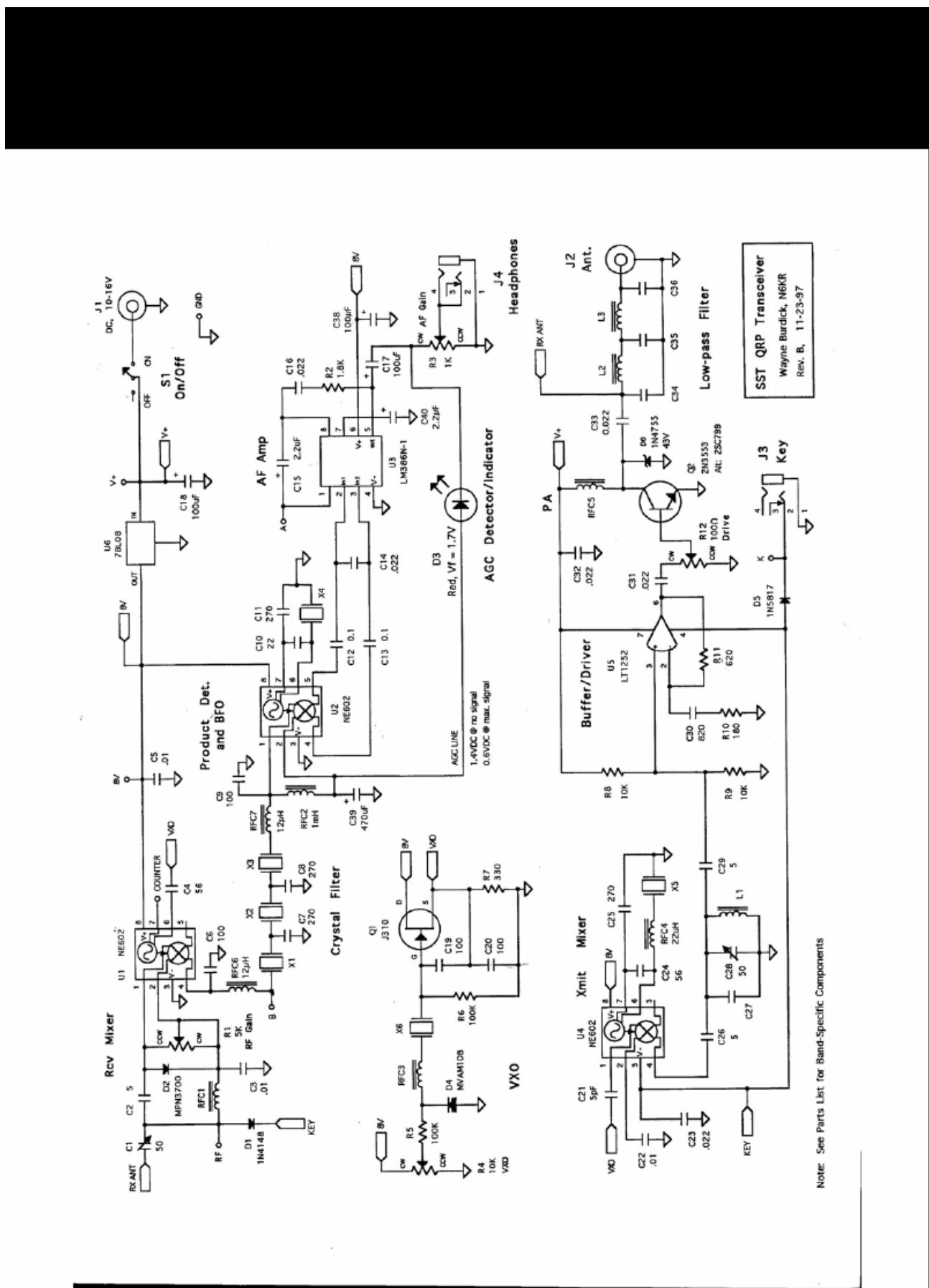
玩 QRP 制作一定绕不开 NorCal 这个美国北加州 QRP 俱乐部，孕育了一系列著名的套件，也包括 Elecraft 这样的著名公司。首页上的照片其实是用巧克力洞洞板制作的 NorCal-40，而 SST 更加简洁，也很实用，值得大家尝试。这个制作首先是由 [BD4RG 卜老师制作](#)，然后由 [BG5JNT 凌先生首先用洞洞板制作](#)。图片为 BG5JNT 制作的机器。



电路细节

设计概述

SST 使用了与 NorCal40A 等类似的 CW 收发器基本相同的功能块（请参见原理图）但是，SST 设计针对最少的零件数量进行了优化，因此某些电路完全不同。



像 NorCal 40A 一样，SST 的接收器部分具有 I.F (中频) 滤波器，但没有 I.F. 放大器。由于接收混频器具有可观的增益，因此增益不是真正必要的。SST 的 AGC (自动增益控制) 电路通过减小 NE602 乘法检波器上的偏置来工作。

发射电路具有自己的混频器和晶体振荡器。这意味着您在按下电键时听到的是实际传输的信号，而不是侧音振荡器。普通的缓冲级和驱动级已由视频运算放大器代替，但末级放大器是常规的放大器。

变容二极管调谐的VXO 作为主要功能模块在每个频段上 VXO 和 I.F. 使用常见的微处理器晶振频率。由于 SST 是一次变频套件，因此在 7.040MHz 接收时，数学公式为： $11.040(\text{VXO}) - 7.040(\text{RF}) = 4.000(\text{IF})$ 。发射时，套件从 VXO 减去发射振荡器频率，得到 40 米波段接收： $11.040 - 4.000 = 7.040$ 。

接收电路

从原理图的左上角开始，您会注意到接收输入滤波器只有一个调谐电路-C1 / RFC1。消除镜像响应 ($\text{IF} + \text{VXO}$) 只需一个调谐电路，因为镜像频率高于工作频率并且已经被低通滤波器衰减了一些。接收混频器 U1 从 VXO 中减去 RF 输入信号以获得 IF。

SST 的输入电路与众不同，因为 C1 在工作频率下与 RFC1 串联谐振。这与低通滤波器非常匹配。串联谐振电路的另一端通过 C3 接地（交流），因此 C1 / RFC1 的负载实际上通过 C2 到达 U1。C3 还将 U1 引脚 2 交流接地，这在 NE602 单端使用时是必需的。

RF 增益控制 R1 用于减小 U1 引脚 1 处的信号幅度。由于 C2 的隔离作用，R1 对 C1 / RFC1 不会产生明显的失谐影响。

开关二极管 D1 和 PIN 二极管 D2 用于发射时限制 RF 对接收的影响。两者在接收期间都处于反向或零偏置状态，因此都不会对接收信号产生影响。当发射时 D1 的负极被下拉至地，这将导致三件事：(1) 来自末级放大器输出的正半周被旁路至地，从而使 C1 成为低通滤波器的一部分，并有效地从电路中删除 RFC1；(2) U1 引脚 2 上的 DC 偏置电压远低于 1.4V，使混频器失去平衡并切断接收到的信号；(3) D2 变为正向偏置，消除了在 U1 引脚 1 上出现的任何残留的发射信号。

三晶体 IF 滤波器跟在混频器 U1 的后面。由于低的 I.F 频率，该滤波器具有出色的选择性。C6 / RFC6 和 RFC7 / C9 将 U1 和 U2 的高阻抗降低到大约 100 欧姆，以提供与晶体滤波器的良好匹配。

U2 是乘法检波器和 BFO (拍频振荡器)。片上振荡器的信号减去 I.F 信号从而得到音频信号。X4 是 BFO 晶体，被调谐到刚好高于 I.F. 的频率大约 500 至 600Hz。U2 的输出通过音频放大器 U3 放大到耳机的电平。C16 和 R2 形成一个反馈网络，可改善 U3 在 500 至 600Hz 时的增益。

D3 是 AGC 检测器。D3 的一端通过 R3 连接到 DC 接地，另一端由于 U2 的内部偏置电路而位于约 1.4VDC。D3 大约需要 1.7 伏特才能正向偏置，因此当只有小信号时，它不起任何作用。在 AF 输出电平约为 0.6Vp-p 时，D3 开始在音频的负半周导通，从而减小了对

U2 的偏置。这是 NE602 的非常规用法，但它以最少的组件提供了良好的 AGC 范围。C39 设置 AGC 时间常数，并且还从施加到 U2 的信号中滤除任何音频分量。RFC2 将引脚 1 保持为与引脚 2 相同的直流电压，从而保持混频器平衡并减少失真。

通过前面板上的一个孔可以看到 D3，因此 D3 可以用作信号指示器。

V XO 和发射电路

Q1 是 V XO，它是用变容二极管调谐的。套件随附的两个变容二极管提供了不同的调谐范围，因为它们的电压与电容曲线非常不同。RFC3 必须是低 Q 值才能获得最佳范围。RFC3 的值至关重要。如果它太高，则振荡器将产生过多的偏移，并且其输出电压将在其调谐范围内变化很大。

LT1252 U5 是一种廉价的视频放大器 IC，在低增益配置中具有高达 50MHz 的几乎平坦的频率响应。它的输出阻抗约为 75 欧姆，与末级放大器 Q2 匹配良好。R10 / R11 构成增益设置分压比。在 12V 电压下运行时，LT1252 的峰峰值约为 8V。不使用发射键控晶体管，而是在发射时将混频器和视频放大器的接地引脚拉低。

R12 有三个作用：作为 LT1252 的负载、负半周时对 Q2 保护、驱动电平控制。当 SWR 高时，D6 为 Q2 提供一些保护。

用洞洞板试制 SST 40 米业余收发信机

BG5JNT

一、概况

SST CW TRANSCEIVER 40 米业余收发信机是美国 Wildness Radio QRP 俱乐部十几年前推出的 QRP 套件，经 BD4RG 介绍，我才知道有这么款产品，由于该电路比较简单，易于自制。考虑手里正好有 BD6CR 独创的洞洞板，于是就用该洞洞板进行了制作，因为该电路设计优秀，元件数据准确，在 BD6CR 和 BD4RG 指导下，终于在国庆假期 DIY 成功。经测试，输出功率约为 2W，通过收听对比，接收灵敏度跟一般的商品机也相距不远。使用一个 40×97×150 铝合金盒当外壳，正好能完整装下这个机芯，整机外观如下图：

图 1 机器前面板（从左依次为音量电位器、耳机插孔、LED 指示灯、调谐旋钮）

图 2 机器后面板(从左依次为天线输入、电键插孔、ATT 电位器、电源开关和电源)

图 3 机内布置图

二、电路介绍：

图 4 电路原理图

本电路使用了 NE602 和 386 集成电路，电路跟一般用 602 的接收机相差不多，但设计者强调，其设计原则是尽量简化电路，让本机制作简单。本机设有 AGC，算是一个比较明显的特点，当收听信号强时，红色的 LED 会随信号闪烁，信号弱时就比较暗淡，这个 LED 指示灯装在机子的前面板上，当你通联时，LED 随着信号闪烁，显的异常漂亮。

三、制作介绍

1、元件在洞洞板上的布置：

按电路功能，本人把他们分成下列模块，并根据信号走向，在洞洞板上各模块布置如下：

图 5 电路模块布置图

2、集成电路在洞洞板上的布置：

按照方便接线的原则，尽量减少飞线，集成块在洞洞板上布置如下图，但垂直布置的集成电路与洞洞板的焊盘有不尽吻合，有 4 联焊盘需要割开。

图 6 集成电路布置图

3、本振制作

因为本人开始缺 J310 场效应管，因此就改用了 2SC1815 三极管，但偏置电路需要作改动，制作后实际使用效果也相当不错。后来收到网购的 J310 后，本着尊重原电路的原则，还是改回原设计电路，采用 J310 的本振电路，产生的波形更接近于标准的正弦波。建议如果大家能找到 J310，还是建议采用 J310 场效应管，采用 J310 做的振荡电路，产生的波形非常漂亮，是标准的正弦波。但目前我这个本振电路直流电流有 9mA，比原设计略大，原因不明。

图 7 本振波形

本振制作时，还碰到一个问题就是频率覆盖，因为缺 MVAM108 可变电容二极管，经查该管与 1SV149 基本接近，就用了 1SV149 代替，但代换后，发现覆盖频率太低，无法调整到我们国内 HAM 常通联的 40 米波段频率，于是我改成了下面的电路，则在变容二极管和电感 RFC3 之间插入了个 30P 的火炬电容：

图 8 本振电路

经过这样改动后，配合 4.032M 的晶振组成的中频滤波器，本机频率范围是 7.012MHz 至 7.025MHz 左右，我认为已经非常适合中国 HAM 使用了，国内 HAM 常用的频率都在这个范围内。由于本机覆盖只有 13K，只需要用普通的 10K 电位器，就可以轻松准确地调谐频率，还节省了购买昂贵多圈电位器的费用。

本振输出的交流电压测量如下，可供仿制者参考。

U1 6 脚 1.8Vp-p

U4 1 脚 460mVp-p

该机本振电路频率稳定，经过一周左右的试用，基本上未发现可以觉察的频漂。

4、中频滤波器

中频滤波器采用网上采购的 KSS 4032kHz 的晶振，可以用自制的振荡器筛选，据外刊资料介绍，频率误差 50HZ 之内的都可以使用。本机的中频滤波器均采用误差在 10Hz 内的晶体制作。

5、其他元器件选择，强烈建议调谐电位器和音量电位器的联接采用 2.54 3P 插头型式，这样

调试和拆卸电路板时将会非常方便，拔下音量和调谐电位器的插线，不用焊接就可以直接从机盒后端抽出电路板。

6、安装次序建议及测试

本人是按下面次序进行安装的，建议大家也可以按这个次序进行，好处是一个一个模块完成，容易检查电路，当然高手就随意，呵呵。

接收：电源-----音频放大 386-----检波 602-----滤波器-----接收混频 602----ATT-----低通；

发射：发射混频 602----缓冲 LT1252----功放。

要求完成一个模块安装后，测试正常再进行下一个模块的安装。

接收部分安装次序：

- (1) 安装电源稳压集成块 U6 78L08 等电路，检查电压正常后，进入下一步；
- (1) 安装音频放大集成电路 U3 386，完成后，首先测量 386 的 6 脚，电压应该是 8 伏，再用镊子触碰 2、3 脚，耳机有较大的噪声就表示正常，否则重新检查；
- (2) 完成安装检波 U2 602 集成块后，测量 602 的 8 脚电压，电压应为 8 伏，在检波 602 的 1 脚输入 4.032M 左右的信号，微调这个频率，耳机能收听到 600Hz 左右的侧音。否则

重新检查电路；

(3) 完成滤波器后，在 RFC6 前端注入 4.032M 左右的信号，耳机应能收到响亮的侧音，缓慢调整该频率，侧音会消失，这样就表明电路正常，否则复查滤波器安装；

(4) 制作本振，如果有示波器，用示波器察看本振信号和频率范围，正常后进入下一步；

(5) 安装接收混频 U1 602 及周边，测量 602 的 8 脚电压，应该是 8 伏。在 1 脚输入 7.023MHz 信号，调整本振频率，应该能听到响亮的侧音。无侧音，重新检查接收 602 的安装。

(6) 完成剩下的 ATT 和低通，线路简单，这部分不容易出错。

现在接上天线应该可以收到 CW 信号了，调整 C1 至声音最大，接收部分的工作就基本结束。

发射部分安装次序，发射部分元件不多，容易制作。

(1) 完成发射混频 U4 602 的安装，注意本振的信号要输入到这个模块来进行混频，安装完成后，用镊子或短线，用触碰的方式短路 602 的 3 脚到地，这时耳机应能收到发射的侧音，无侧音则重新检查，这一步至关重要，如果有侧音，表明本振和发射混频后已产生正常的发射信号。如果听到了正常的侧音，则表明本模式工作正常，可以进入发射缓冲和功放安装。

(2) 完成 LT1252 安装，在 LT1252 输出端接上示波器，仔细调整 C28 至输出最大，最大约有 4Vp-p 输出。没有信号就返回检查；

(3) 缓冲模块正常后，再安装功放部分，把 R12 调中间位置，这时应接上假负载，否则有可能损坏功放管。用示波器观测输出波形和电压，如果正常则把 R12 调大，再微调一下 C28 使输出端电压最大，应该达 30Vp-p 左右，输出功率大约为 2W。至此电路安装调试结束。我制作的 SST，输出波形是标准正弦波，12.3 伏电源供电时，输出功率为 1.5W。发射电流约 280mA，静态电流 26mA。在 13.8 伏时，输出功率可达 2.2W。

本机的输出波形：

图 9 天线端的波形

用示波器的 FFT 功能，粗略观察谐波情况

图 10 输出谐波

二次谐波小于 -40 dBV，还是不错的。

四、实际使用

本机完成后，进行了实际通联试验。这几天跟多位 HAM 进行了通联，信号报告低的 539，好的 599，但基本上能完成通联，本人觉得甚为满意！本机没有专门的侧音电路，听到的侧音就是本机发射的实际信号，因此本机可以进行全插入通联，使用确实方便。

目前通联距离比较远的有 BA4II 和 BH4BFS。

五、结语

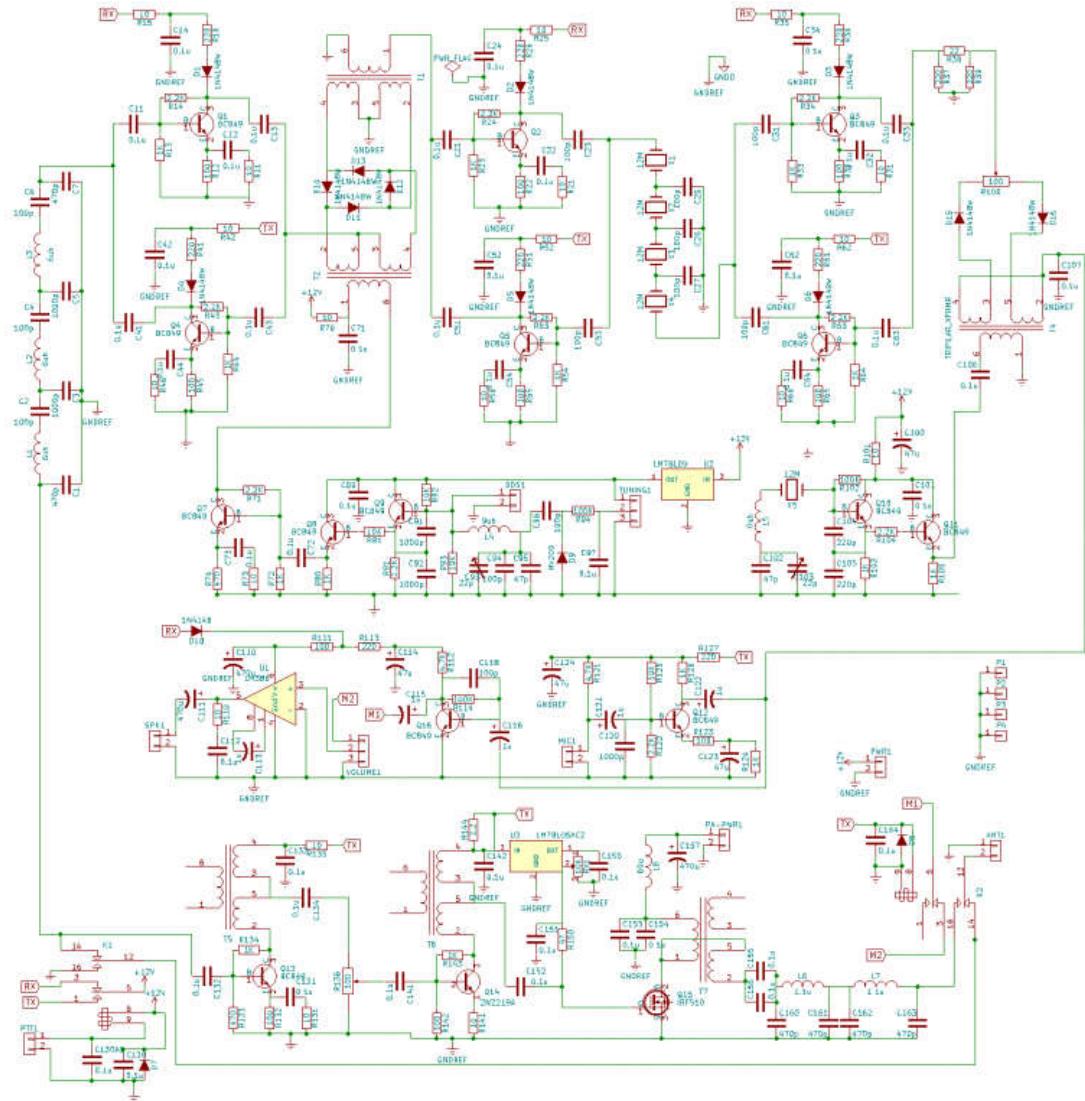
SST 是一款简易的超外差业余收发信机，通过本人试制，认为仿制容易，性能有保证且制作简单，推荐 HAM 们仿制。

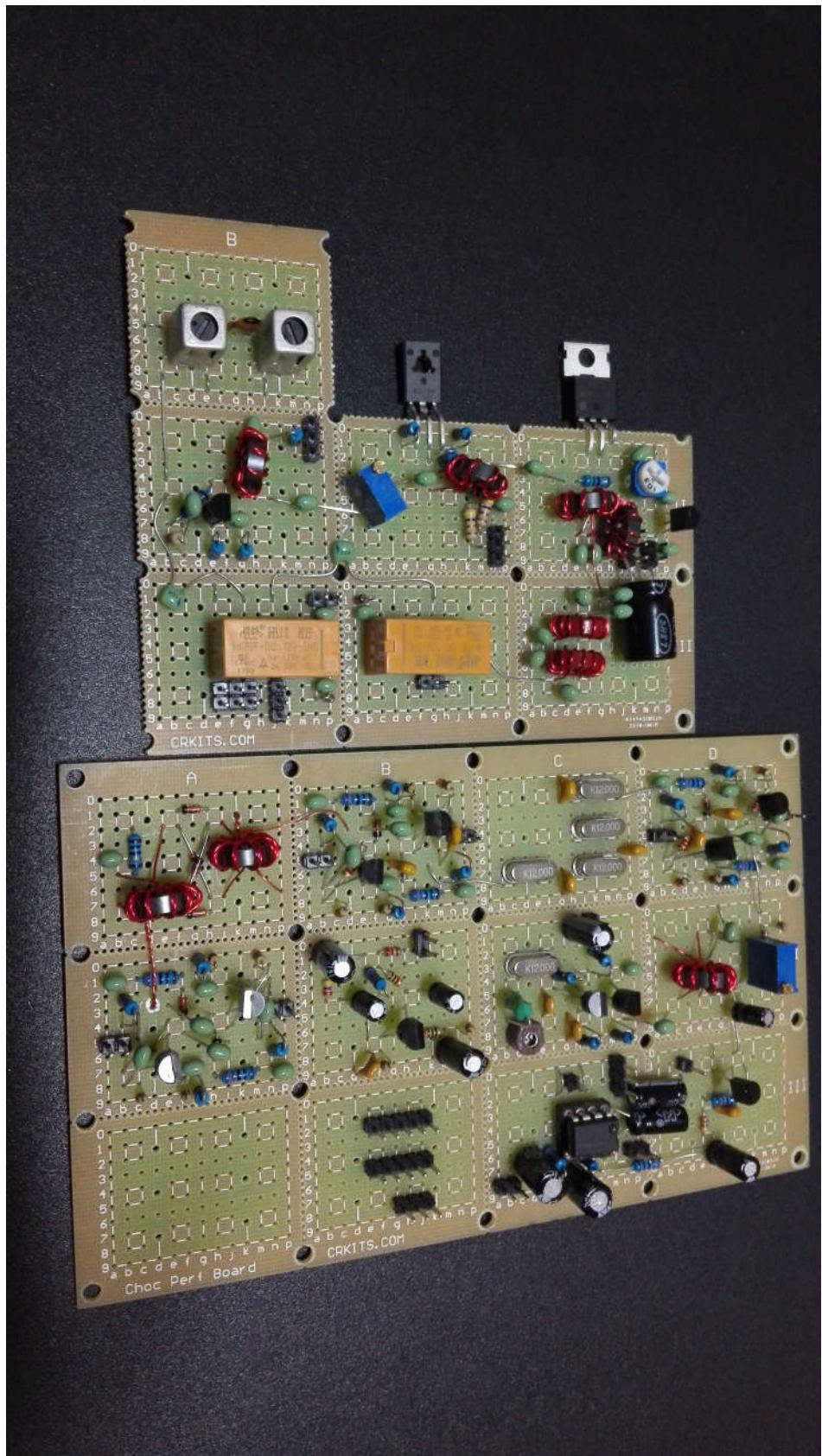
2019 年 10 月 14 日

附录：BG5JNT 和 BA4II 的通联视频可参见 BD6CR 的微信公众号。

十二单元以上洞洞板制作 1：BITX40 SSB 收发信机

如果要问最近国际上 SSB QRP 自制机哪个最火，答案应该非印度 HAM [VU2ESE](#) 设计的 [BITX](#) 莫属。BITX 的特点是广泛使用最普通的三极管构成的双向放大器和二极管混频器，元件取材容易，成本低廉。BITX40 单波段收发信机可以使用两块洞洞板完成制作，正好插在铝合金盒子的上下两个盖子里面。





<全文完>