



浙江工业大学

《通信电子线路课程设计》 课程实验报告

学生姓名 凌智城

指导教师 任宏亮

专业班级 通信工程 1803 班

所在学院 信息工程学院

提交日期 2021 年 3 月 17 日

一、 实验目的

巩固理论知识，提高实际动手能力和分析能力，掌握调频发射整机电路的设计与调试方法，以及高频电路调试中常见故障的分析与排除；学会如何将高频单元电路组合起来实现满足工程实际要求的整机电路的设计与调试技术。

二、 实验仪器

- 1) 直流稳压电源 一台；
- 2) 数字万用表 一台；
- 3) 示波器 ($\geq 100\text{MHz}$) 一台；
- 4) 调频收音机 (87~108MHz) 一台；
- 5) 电烙铁、镊子、斜口钳。

三、 系统原理分析

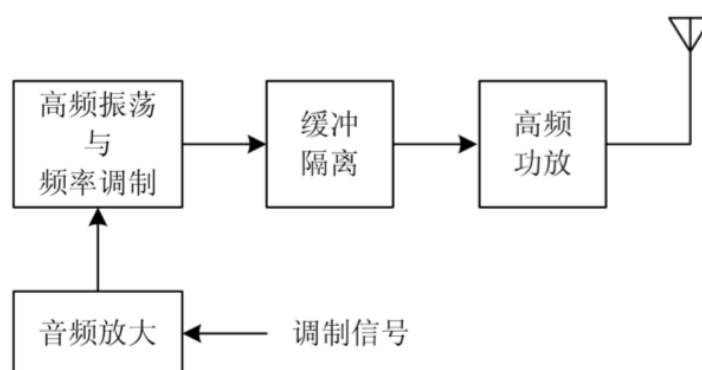


图 1 小功率调频无线话筒的系统框图

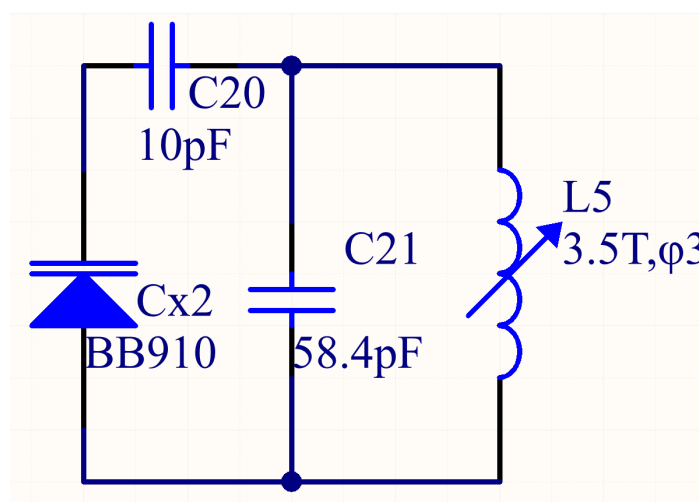


图 2 振荡部分高频等效电路

四、 电路原理分析

1. 音频放大

低频放大，由三极管实现功能。理论上该部分能对输入的语音信号放大 10 倍左右，被放大后的语音信号就是调频系统的基带信号。微型麦克风将采集的语音信号转换成电压信号输入电路，R15 为麦克风偏置电阻，用来确定麦克风的静态工作点。C16 用来稳定放大器，同时起到低通滤波的作用。R16、R17、R18、R19、R20 为三极管 9013 的偏置电阻。C17 为旁路电容，三极管静态工作时，不起任何作用。当输入交流信号时，R19 被 C17 短路，C14、C15 接地起到滤波作用。C18 为隔离电容。

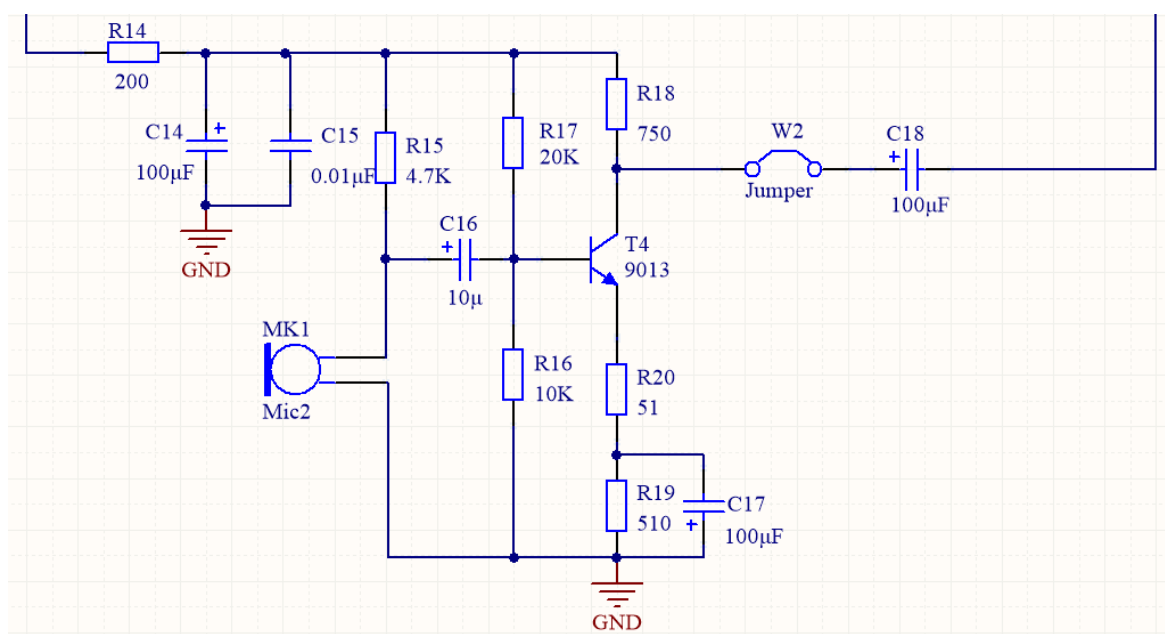


图 2 音频放大模块原理图

2. 高频振荡与频率调制

调频系统中，用一个频率较高的信号作为载波。载波的频率将被基带信号所控制，携带基带信号的全部信息。此处采用电容三端式振荡器，加了变容二极管 Cx1 和反馈网络，外接电源后只要有一个微小的开关扰动就能产生自激振荡，最终输出频率为几十 M 的正弦波。通过调节可调电感 L1，可逐渐改变正弦波的频率直至达到期望值。

$$C_j = \frac{C_{j0}}{(1 + \frac{v_R}{V_D})^\gamma} = \frac{46 pF}{(1 + \frac{4}{25})^{\frac{1}{2}}} = 42.7 pF \quad (1.1)$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_{21} + \frac{C_{20}C_j}{C_{20} + C_j})}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{45nH(58.7 + \frac{10 \times 42.7}{10 + 42.7})\mu F}} \approx 92MHz \quad (1.2)$$

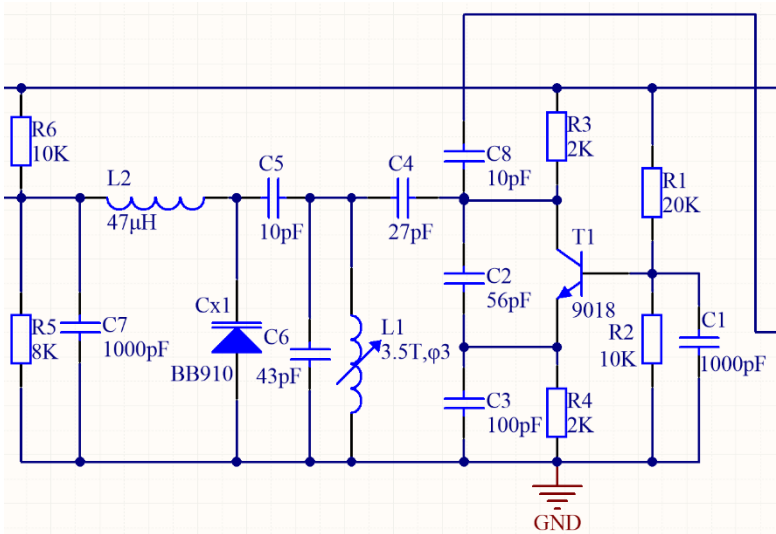


图 3 高频振荡模块原理图

3. 缓冲隔离与高频功放

缓冲高频振荡部分输出的信号，同时隔离前后级电路。此处采用的是射极跟随器，三极管 T2 9018 的静态工作点由偏置电阻 R7、R8、R9 确定。此处同样设置了一个简单的模拟滤波电路，由 C12、C13、L4 构成，C9 为隔离电容。

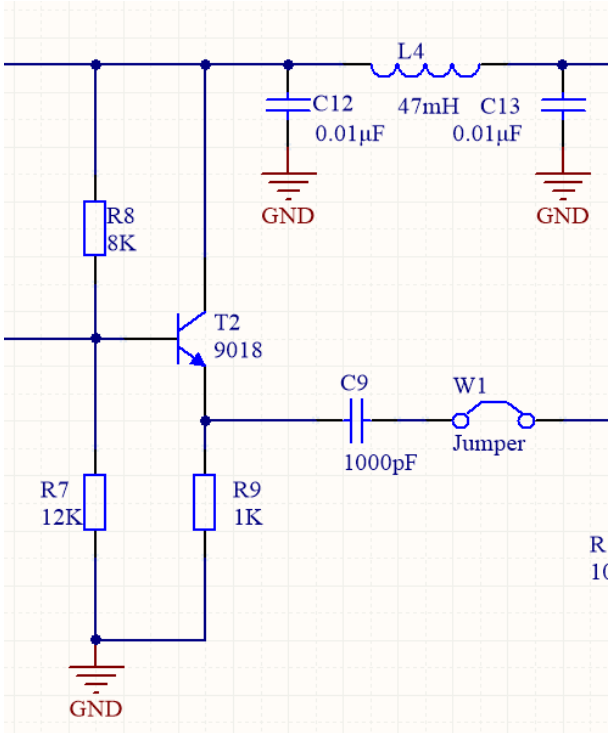


图 4 缓冲隔离模块原理图

高频振荡电路输出的调制信号幅值一般较小，而话筒天线传输出去的信号是在无线信道中传播的，必然存在一定程度上的幅值衰减，所以必须在震荡电路之后添加一个高频功率放大器。高频功放由三极管 T3 9018，电阻 R10、R11、R12 作为偏置电阻确定静态工作点。C10 和可调电感 L3 组成 LC 回路，谐振在载频上，输出波形的峰峰值 V_{pp} 可由 L3 调节。

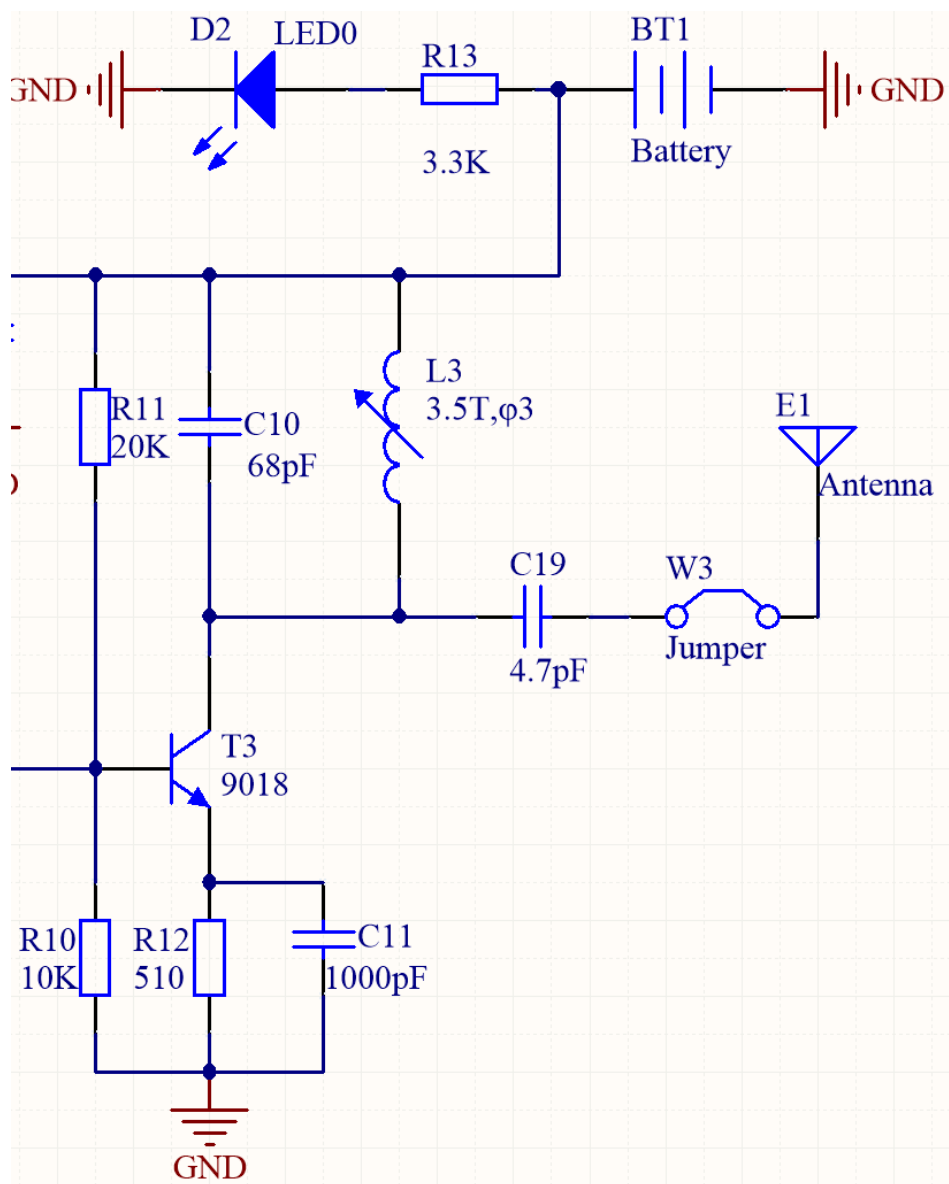


图 5 高频功放原理图

五、 实验电路原理图

由于材料的原因，制作部分只能按统一的电路和材料进行装配和调试，在布局上进行局部优化。

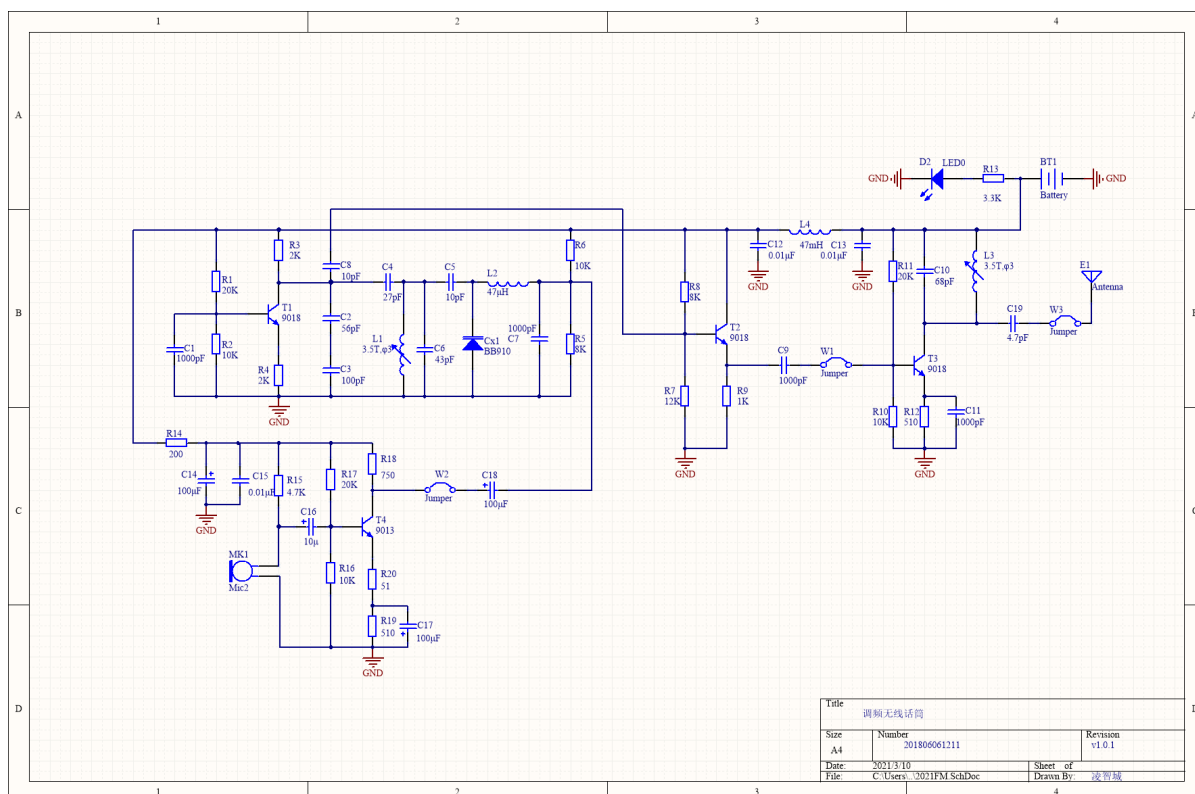


图 6 实验参考原理图

六、 实验步骤

- 1) 熟悉参考电路原理图，理解各个电路部分的功能，明确整理设计思路；
- 2) 根据原理图，对预配置的实际元器件进行合理布局；
- 3) 利用现有的实际元器件，在万用板上进行电路安装；
- 4) 检查各个元器件的安装，然后进行焊接；
- 5) 利用万用表，依次检查麦克风的输出电压，各个三极管的静态工作点；
- 6) 利用示波器，观察 JP2 处的输出波形，注意其频率值，轻弹麦克风发生波形变化；
- 7) 麦克风正极加 $V_{pp}=50mV$, $f=1KHz$ 的正弦波，示波器测 JP2 左侧波形放大倍数；
- 8) 在上述步骤均正常的情况下，高频示波器 ns 档位测试稳定波形，观察 JP3 处的波形，调节 L1 和 L3 使幅值和频率满足要求；
- 9) 利用调频收音机，实际调试整个无线话筒的功能，测试工作频段，可使用的实测距离等；
- 10) 完成实验，记录数据，验收。

七、 结果与数据分析

表 1 三极管静态工作点

三极管/电极	基极 b/V	发射极 e/V	集电极 c/V
T1 9018	2.918	2.190	6.901
T2 9018	5.356	4.818	9.030
T3 9018	2.872	2.102	9.006
T4 9018	2.533	1.879	5.663

- 1) 高频振荡实际频率 89.5MHz，发射距离约 45m；
- 2) 麦克风两端电压 7.4V；
- 3) R5 和 R6 之间的电压值为 $V=4.094V$ ，接近 4V，达到预期值；
- 4) 麦克风正极加 $V_{pp}=50mV$ ， $f=1KHz$ 的正弦波，放大倍数约为 11 倍；
- 5) 天线输出信号的峰峰值 $V_{pp}=1.70V$ ，达到预期值。

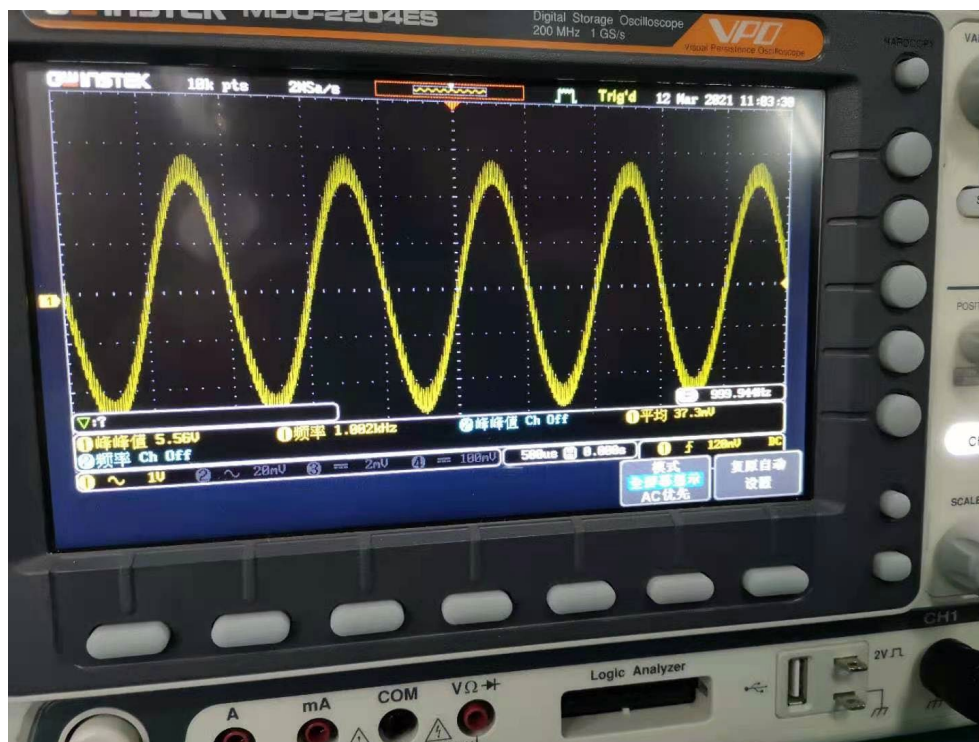


图 7 麦克风正极加 $V_{pp}=50mV$ ， $f=1KHz$ 的正弦波，示波器测 JP2 左侧波形

八、PCB 与 SCH 设计

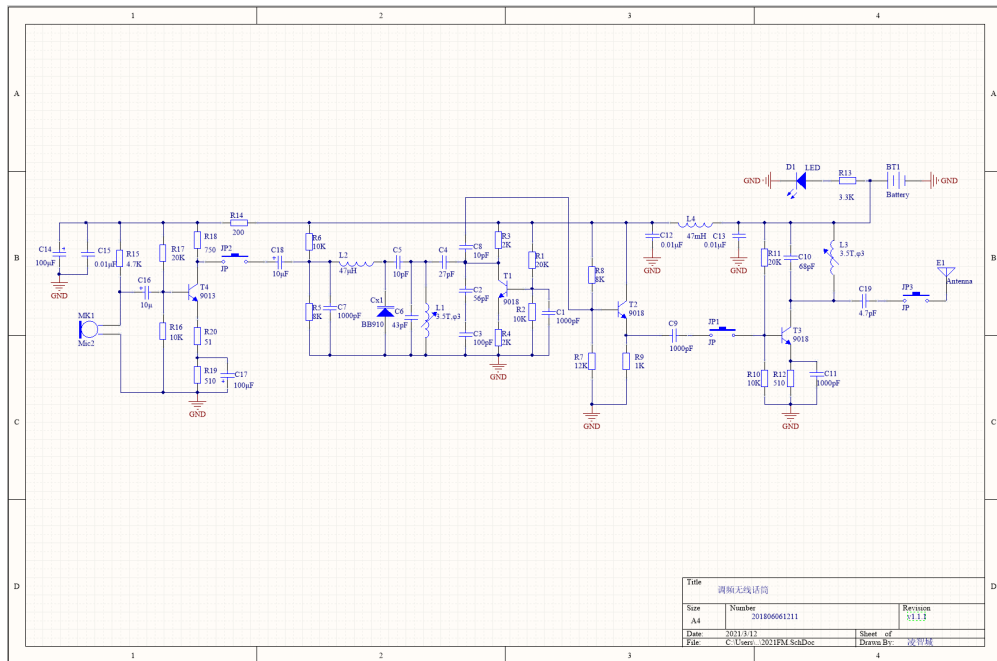


图 8 重新设计布局的 SCH 原理图

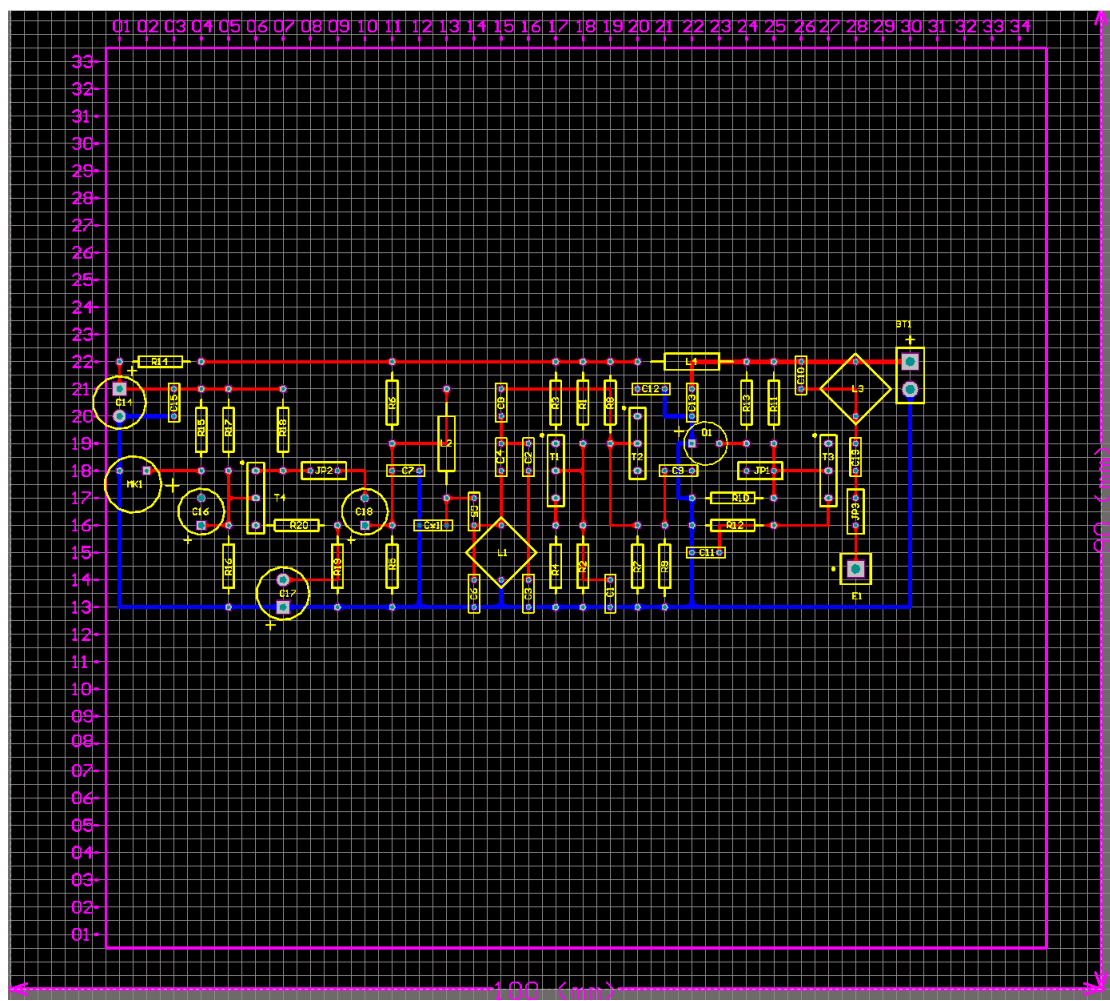


图 9 原尺寸 1: 1 的 PCB 图

九、 实物图

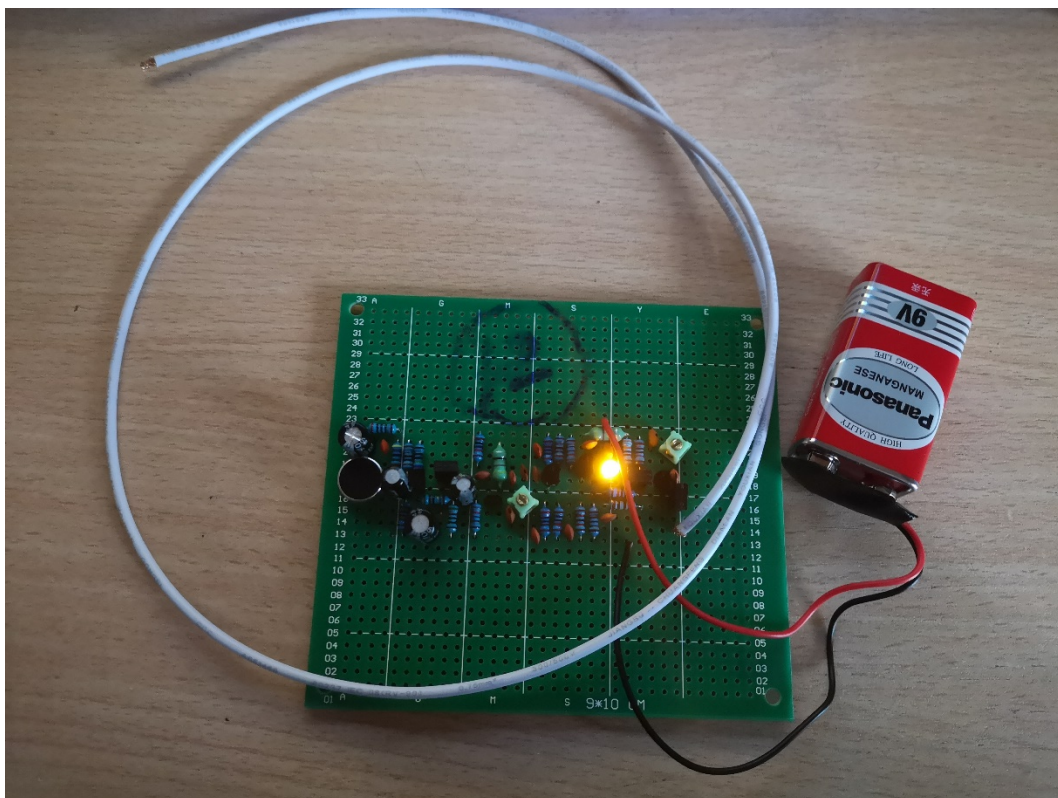


图 10 实物正面图

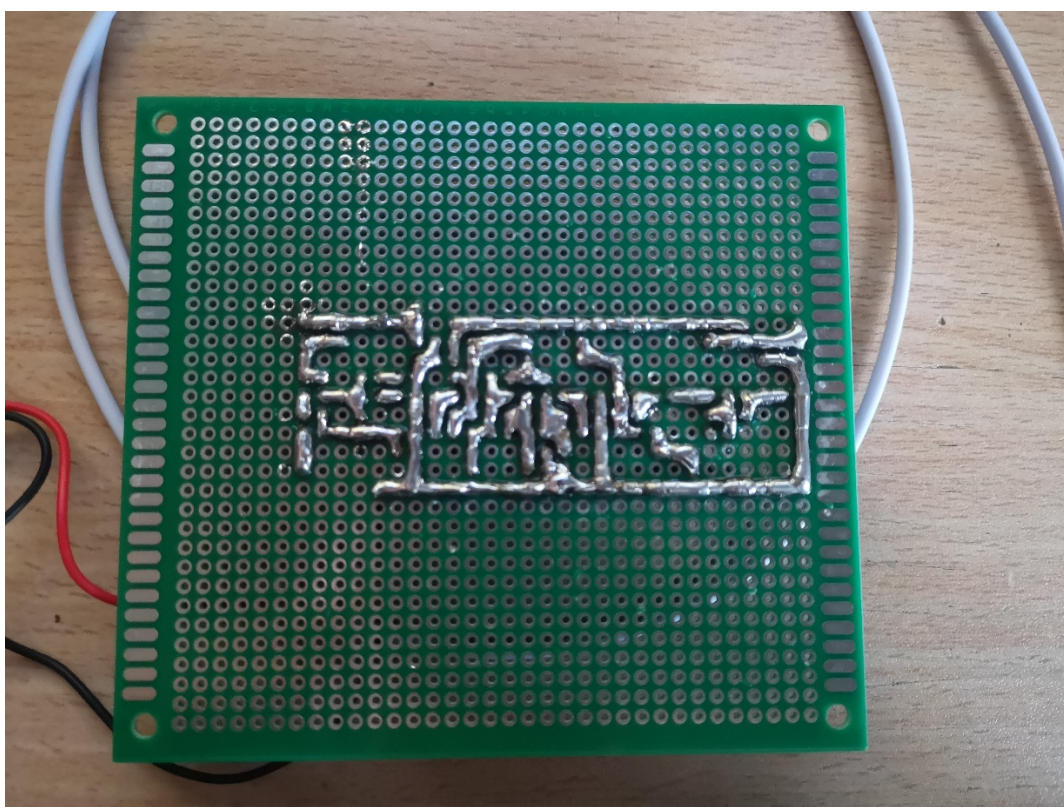


图 11 实物背面图

十、 自制无线话筒

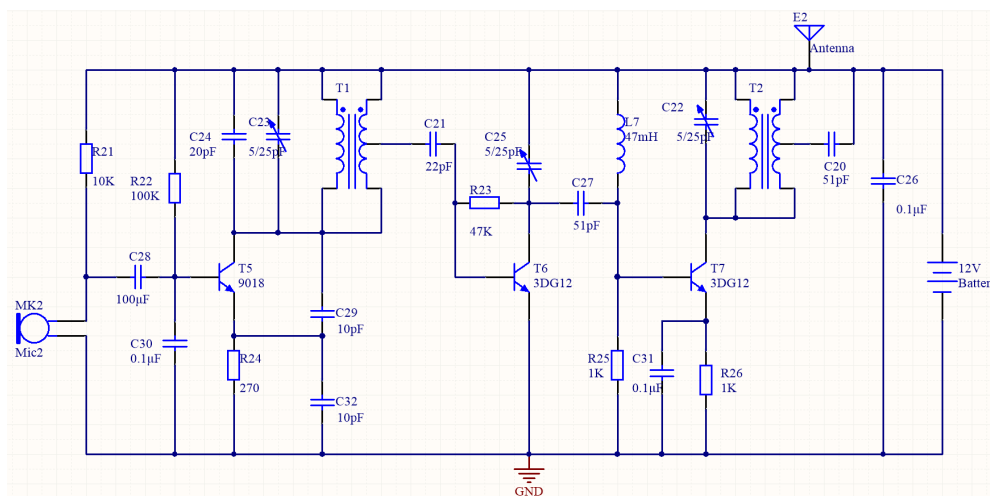


图 12 自制无线话筒 SCH 图

分为振荡、倍频和功率放大三个模块。电路中 T5、C30、C24、C23、C29、C32 和 L6 组成电容三点式振荡器，振荡频率由 C23、C24 和 L6 的参数主要决定，振荡频率在 50MHz 左右，信号由 T1 中间抽头输出，经过 C21 耦合后 T6 放大，由 C25 和 L7 选出二倍频 100MHz 左右的信号，经过 C27 耦合后在 T7 进行功率放大。

十一、 实验总结

通过这次通信电子线路课程设计，学习到了很多。理论上用到了调频的知识，频率调制是一种比较有效的抗干扰调制方式，使用该种方式可以保证信号的更加有效发射和传输，同时也使得之前学习的高频电子线路和模拟电子技术课程的理论知识得到了实际应用。低频三极管信号放大，射极跟随器，电容反馈式三段振荡器，高频功放等电路。

与此同时，从理论到实际应用，按照原理图用实际元器件搭电路相比模拟软件上的拖拉移动，更加需要考虑合理的线路布局和背面焊接走线，以及高频部分的电容问题。

在实验过程中，同样也遇到了许多问题，尽管按照步骤调试测试比较顺利，但在最后测试高频载波的时候出现了问题，经过从头到尾多次检测，均未发现问题，在课后对照原理图一一检查焊接和连线，发现是射极跟随器发射极没有连上，随后重新进行了焊接解决问题。调试时 90~100MHz 范围内强信号电台干扰打，无线话筒信号传输距离在二十米左右即被频率附近电台所淹没，重新调整 L1 改变高频振荡频率，再次调整 L3 以得到最大峰峰值，最终距离可达到近 50 米。