

基于无线传输 的音频信号发射 接收系统

组长：胡舒展

组员：肖猛

孔令科

方兆吉

目录

CONTENTS



作品简介



设计制作过程



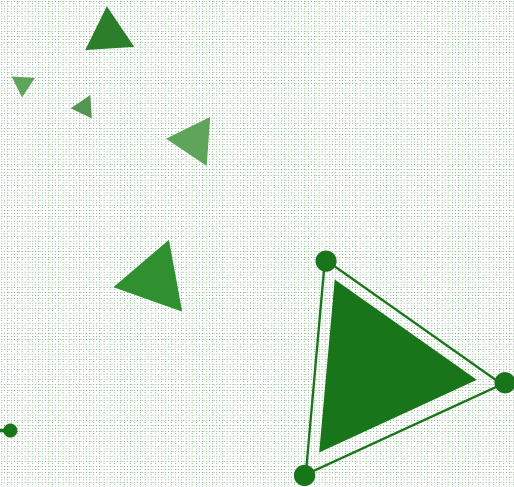
测试结果



01

Part One

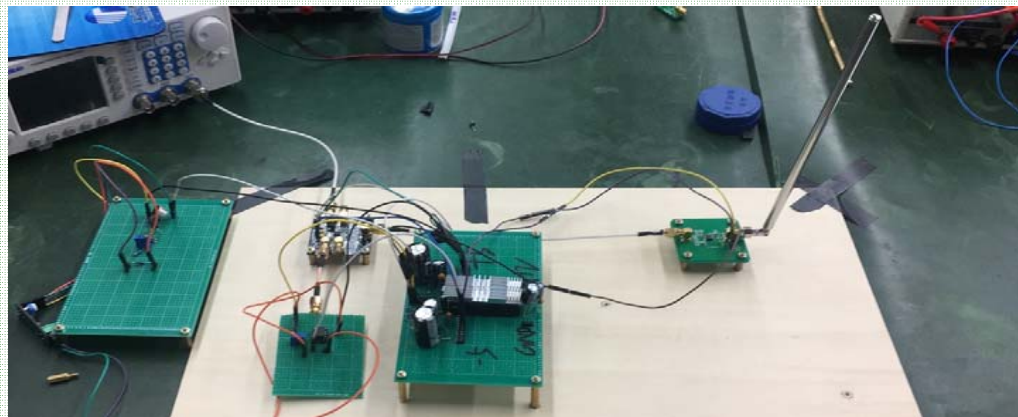
作品简介



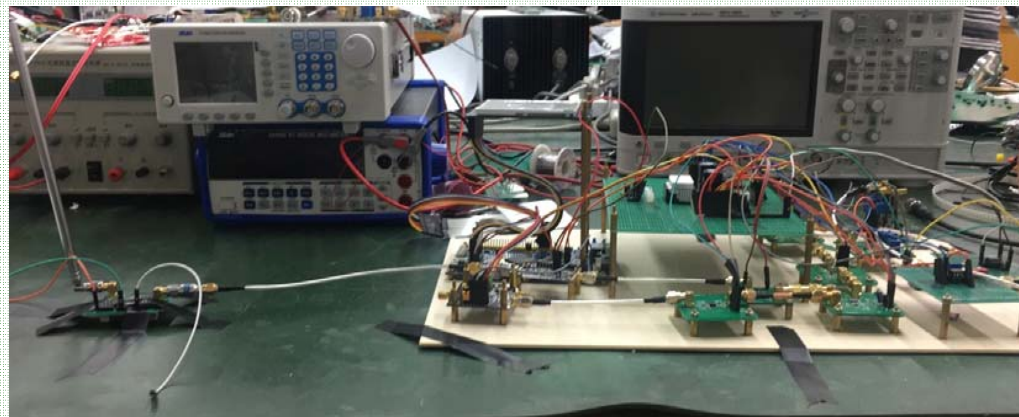


作品简介

实验题目要求与模拟通信相关，本作品便以模拟通信为出发点，设计并制作调幅（AM）发射机和调幅（AM）接收机，利用天线传输音频信号，并通过多级滤波放大提高信噪比，通过扬声器将音频信号播放出来。该作品的难点为高频、小信号、低噪声、自动增益控制等。



发射部分



接收部分





原理简介

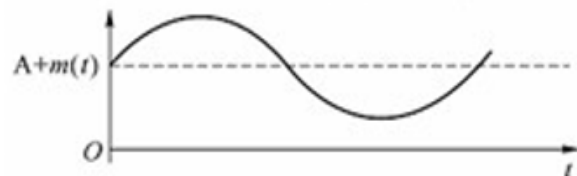
使载波的振幅按照所需传送信号的变化规律而变化，但频率保持不变的调制方法。

$$s_{AM}(t) = [A + m(t)]\cos(\omega_c t + \varphi_0)$$

解调方法为使用包络检波。



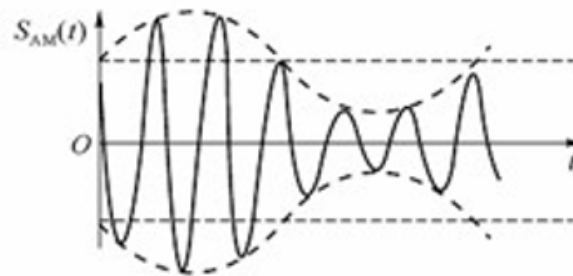
(a) 调制信号的波形



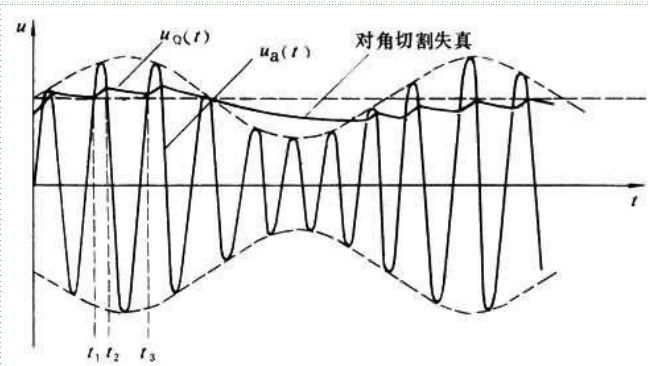
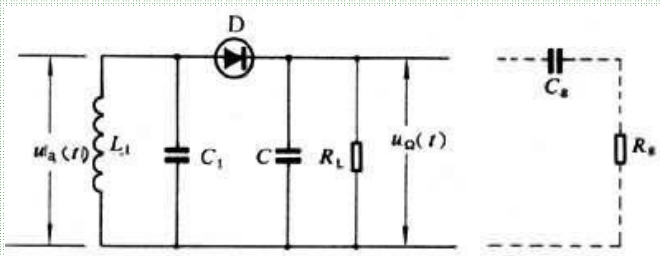
(b) 调制信号与直流叠加

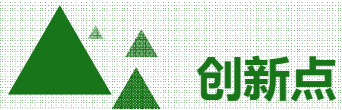


(c) 载波波形



(d) 标准调幅信号波形





创新点

超外差接收机

通过混频器将高频转化成中频处理，获得稳定高增益，提高信噪比。

高效的无线传输

利用拉杆天线，实现电路的阻抗匹配，改变天线长度，能够适应不同频率的信号，扩大信号传输的范围。

微小信号的低噪放大处理

使用低噪放大电路，将微伏级别信号放大千倍左右，绝大多数模块PCB制版，大部分噪声被滤除。



自动增益控制以稳定幅度

高频低频双AGC模块，稳定输出信号幅度。

本振源和载波自制

利用单片机和锁相环，输出高频载波和本振信号。

自制电源简化供电系统

采用自制稳压电源12v转正负5v为整个系统供电。

音量可控

末级功率放大模块设有滑动变阻器，可调节输出音量。





时间节点

9.4

理论分析，方
案论证，确定
选题。

**9.5-
9.6**

系统仿真设
计和改进

**9.7-
9.10**

PCB设计制
作和仿真

**9.11-
9.12**

系统电路调试和
改进，录制演示
视频。

**9.12-
9.14**

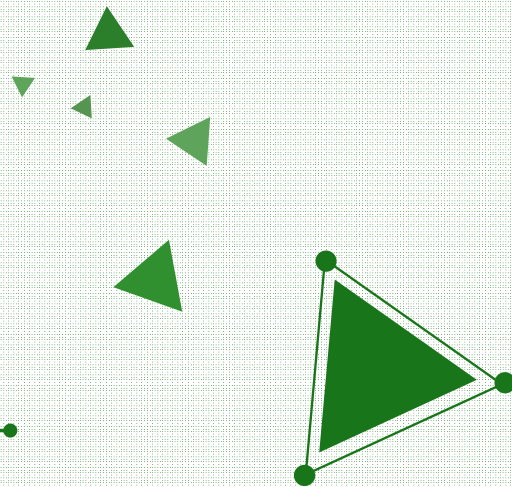
讨论并撰写报
告，PPT制
作，准备答辩。



02

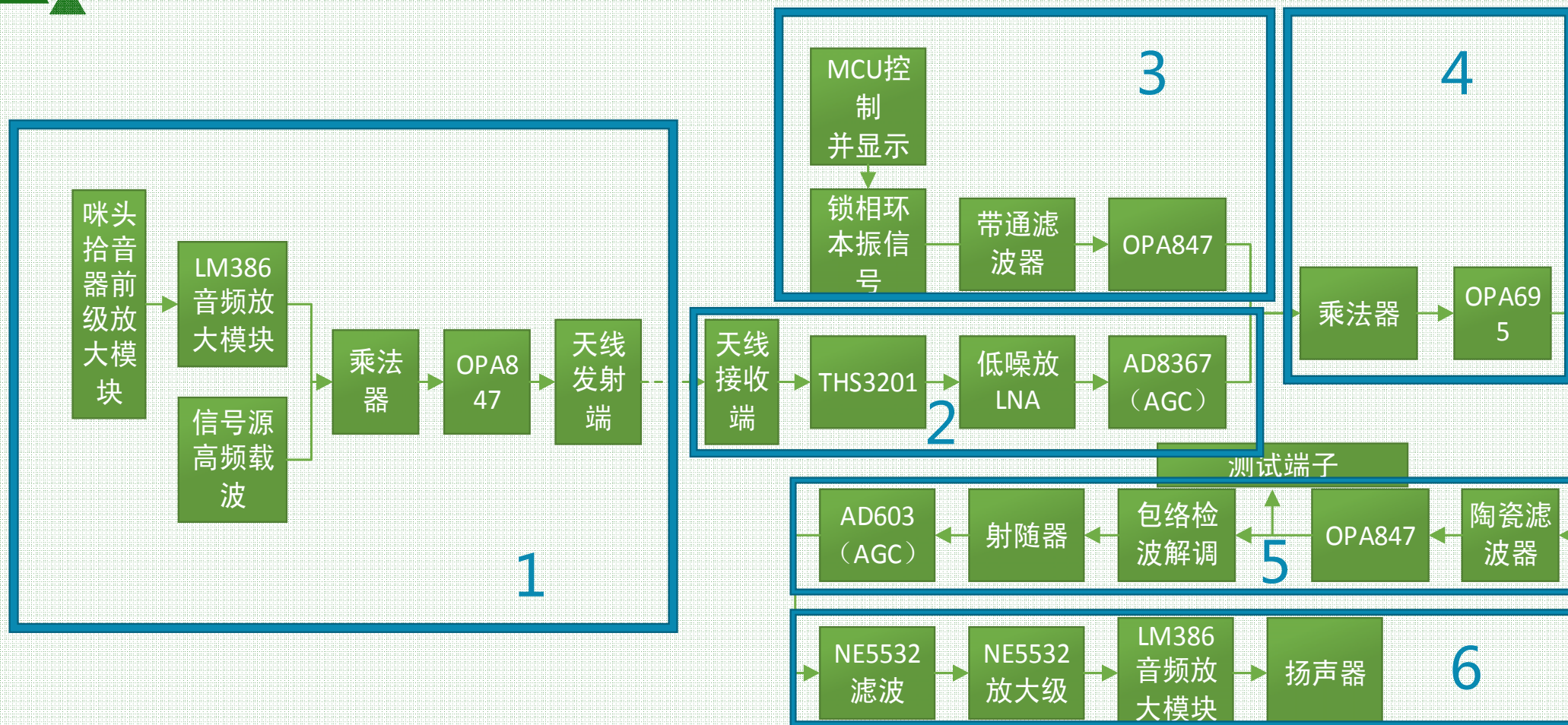
Part Two

设计制作过程

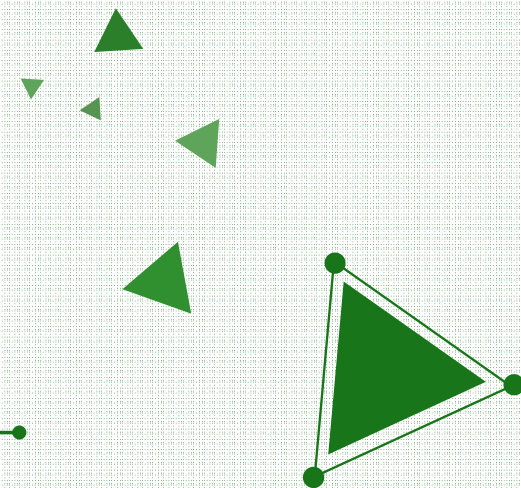




系统总体流程图



硬件系统实现过程



硬件电路制作过程

电路仿真

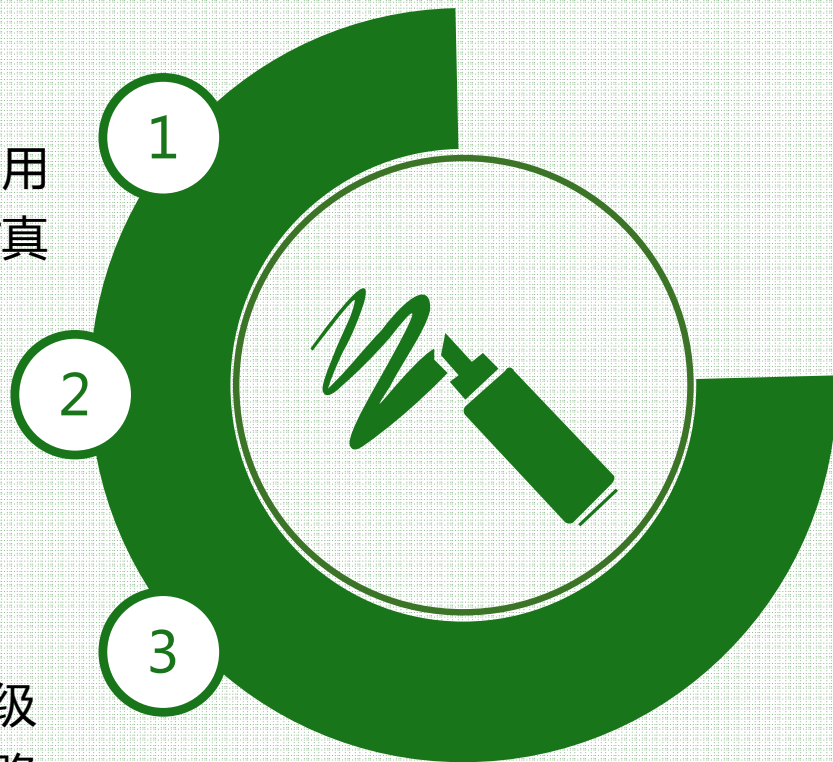
根据芯片手册的应用电路，利用mutisim软件搭建电路进行仿真

PCB模块制作

利用AD软件设计制作PCB板

级联调试

按照先逐个模块，后级联的顺序调试整个电路





硬件系统实现过程



Data Sheet

250 MHz, Voltage Output, 4-Quadrant Multiplier

AD835

FEATURES

Simple: basic function is $W = XY + Z$
Complete: minimal external components required
Very fast: Settles to 0.1% of full scale (FS) in 20 ns
DC-coupled voltage output simplifies use
High differential input impedance X, Y, and Z inputs
Low multiplier noise: 50 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$

APPLICATIONS

Very fast multiplication, division, squaring
Wideband modulation and demodulation
Phase detection and measurement
Sinusoidal frequency doubling
Video gain control and keying
Voltage-controlled amplifiers and filters

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

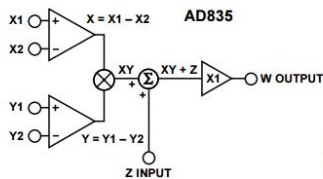
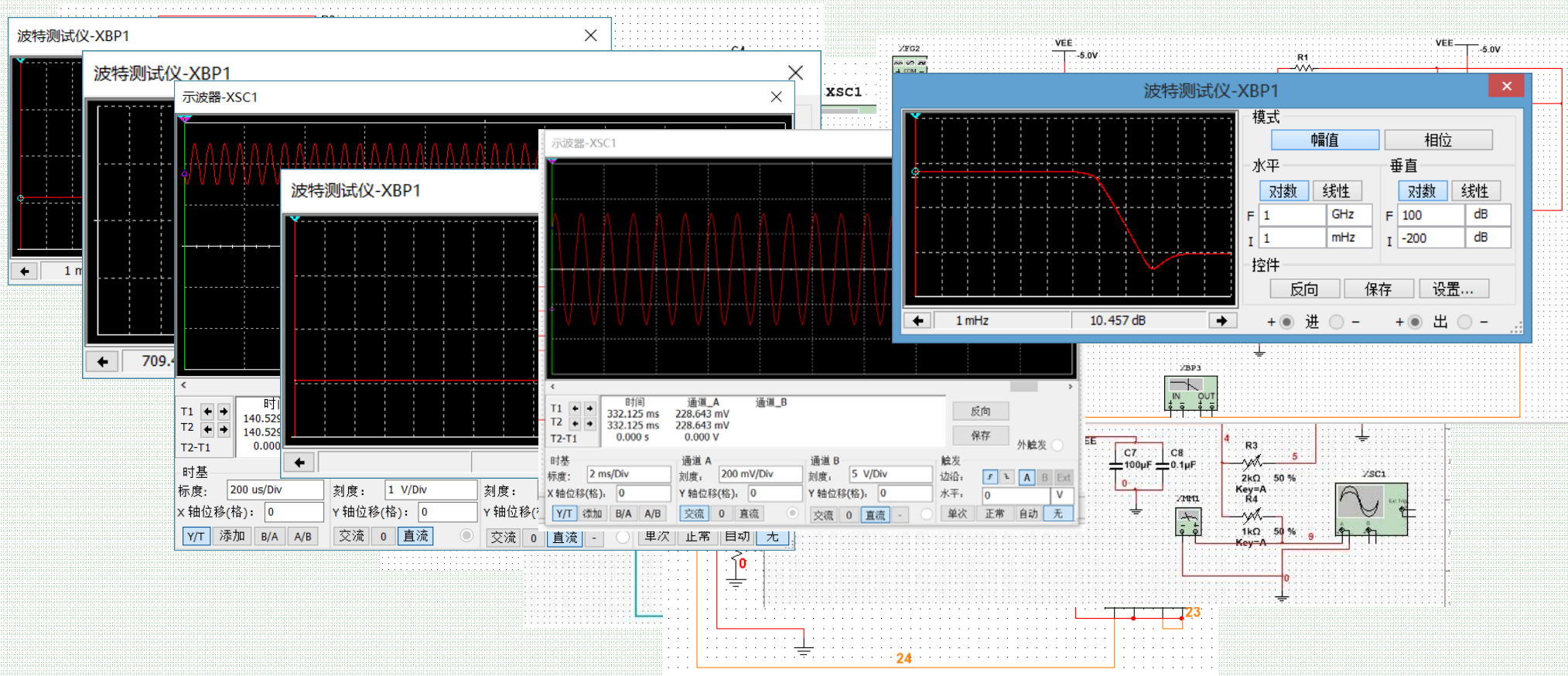


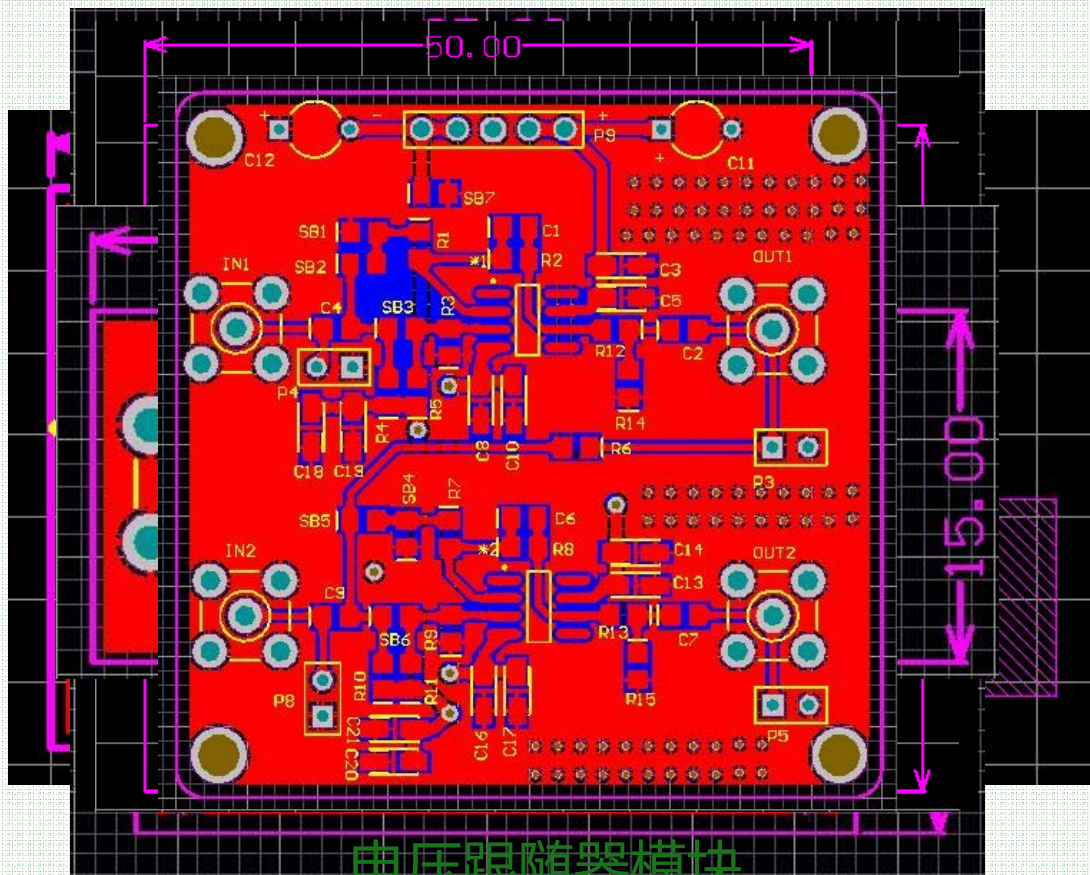
Figure 1.







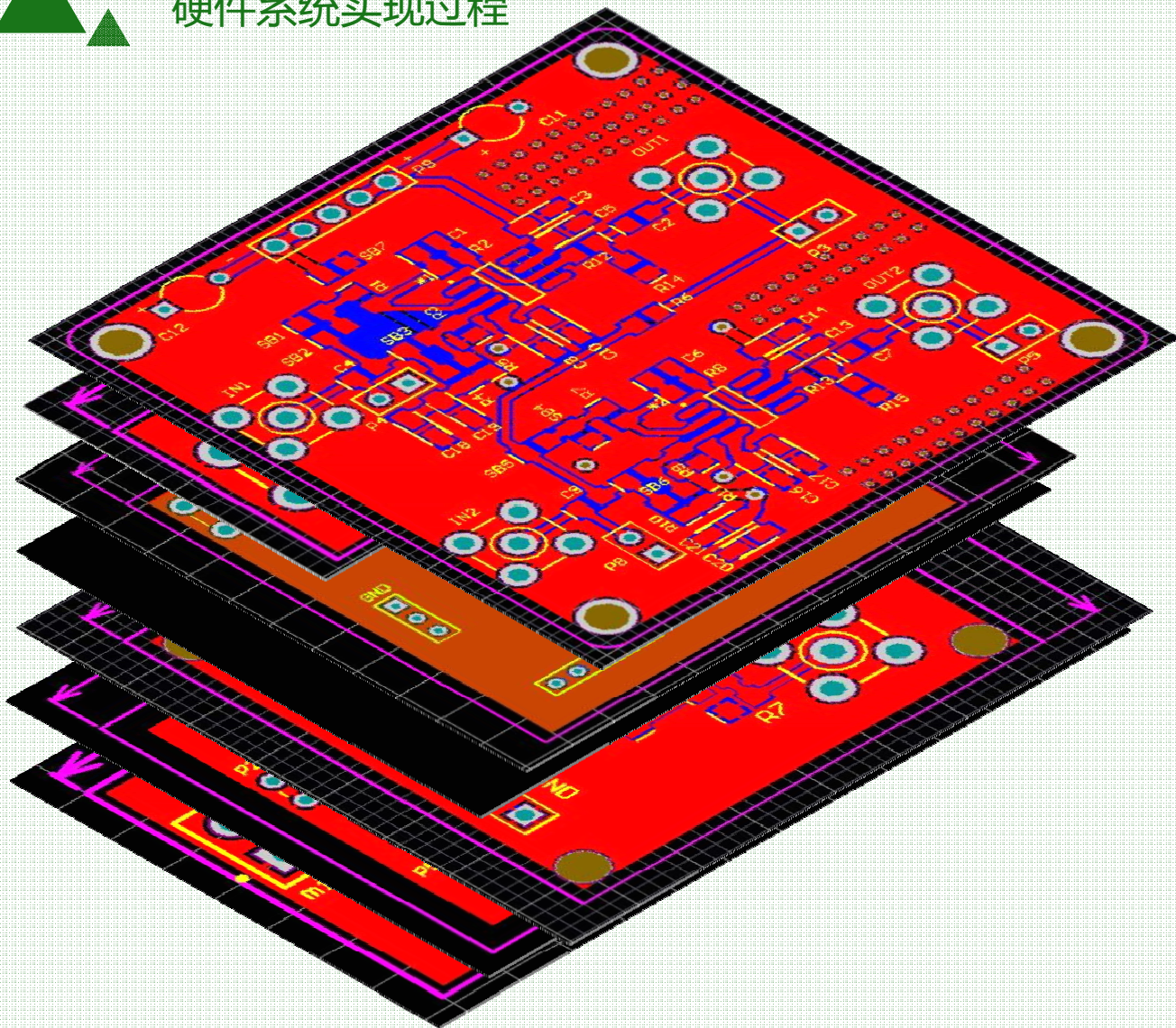
硬件系统实现过程



电压跟随器模块
音频功率模块
AD8367自动增益控制电路
AD603自动增益控制电路
THS3201功放模块

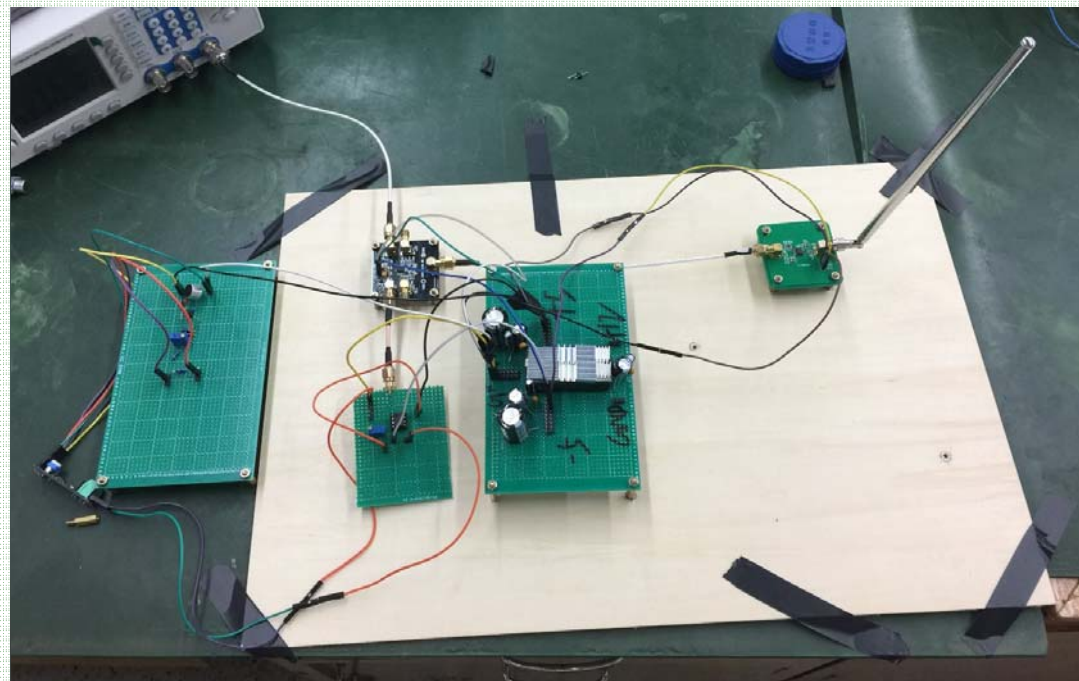


硬件系统实现过程

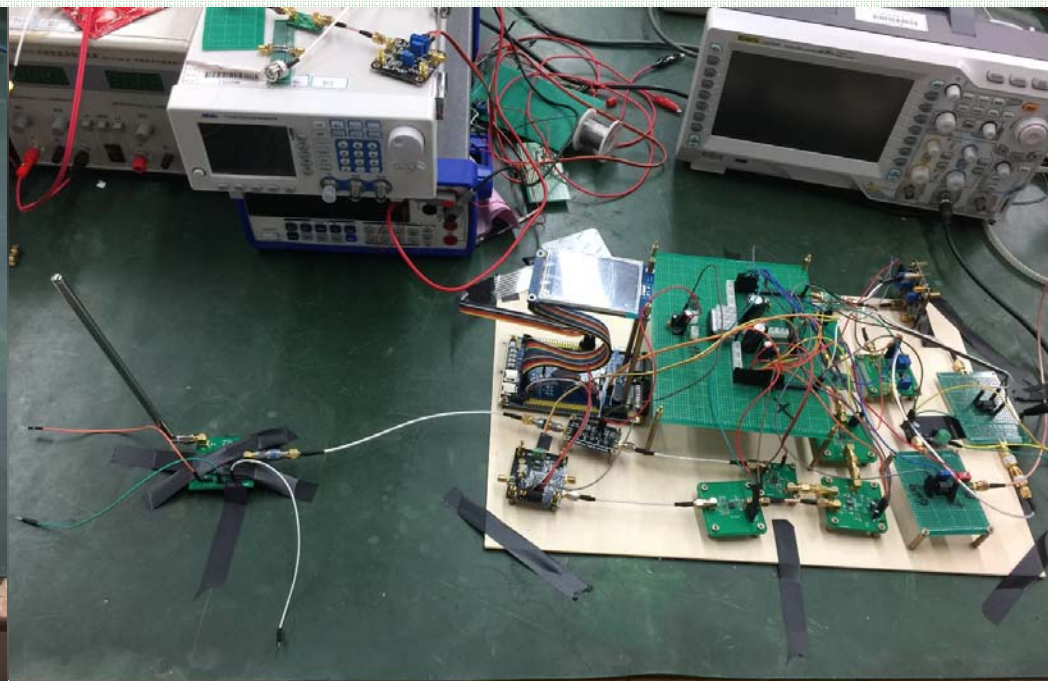


几乎所有模块均使用
PCB制作

系统总体电路实物图



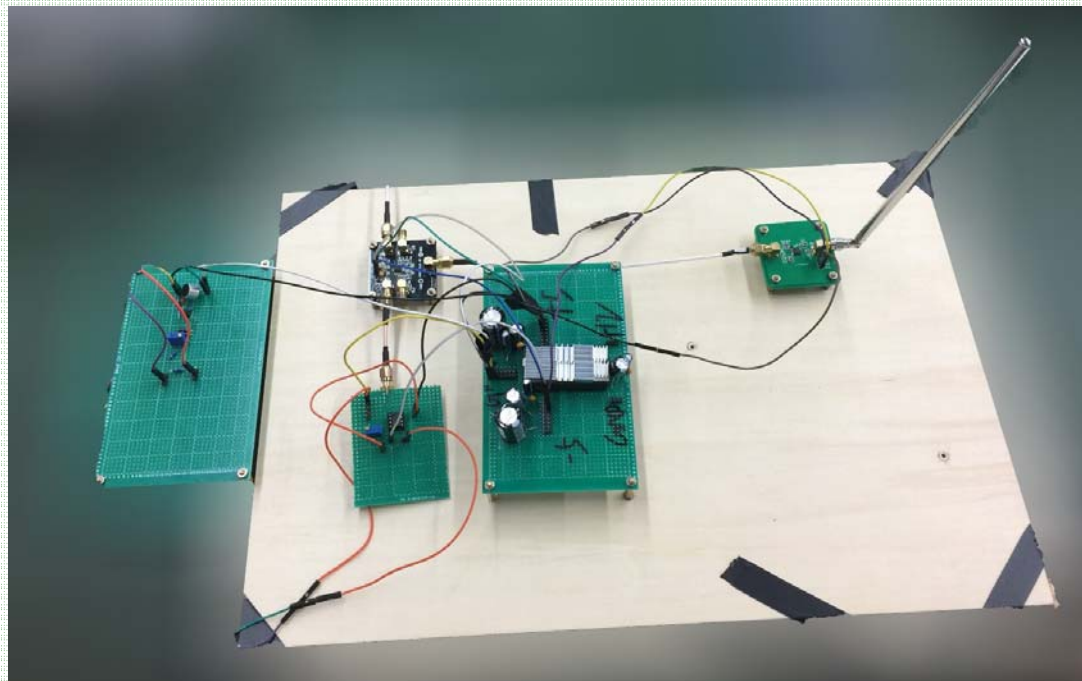
发射机



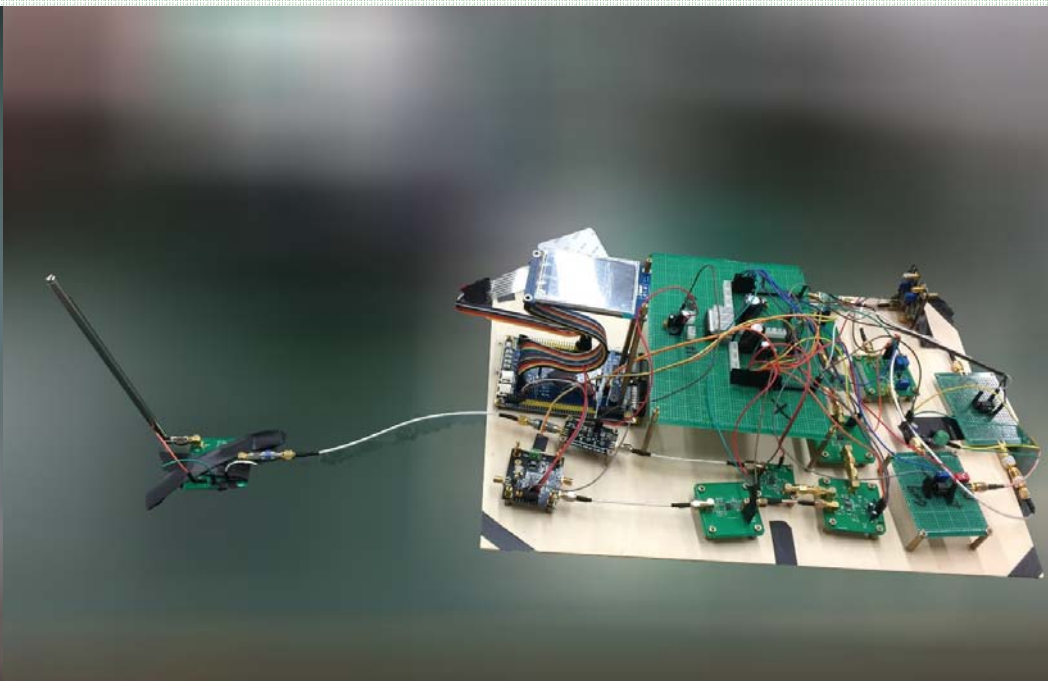
接收机



系统总体电路实物图



发射机



接收机



发射机

乘法器模块

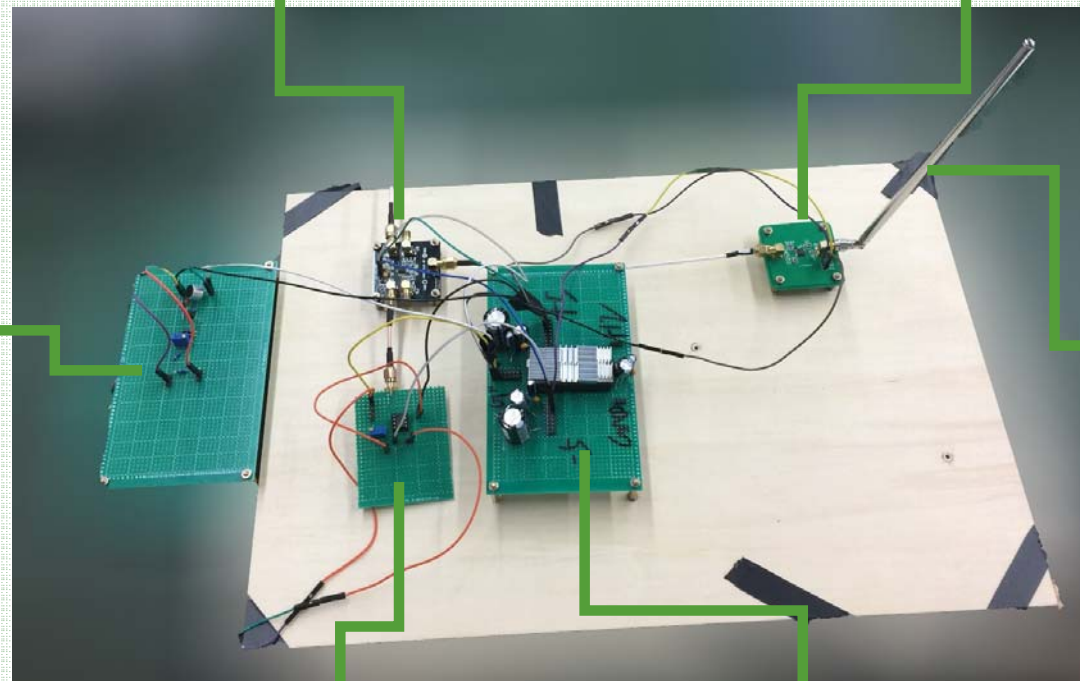
OPA847放大器模块

音频采集电路
(拾音器模块、
音频功放模块)

发射天线

加法器模块

电源模块





接收机

单片机及显示屏、
薄膜键盘

电源模块

解调电路
(包络检
波、电压
跟随器)

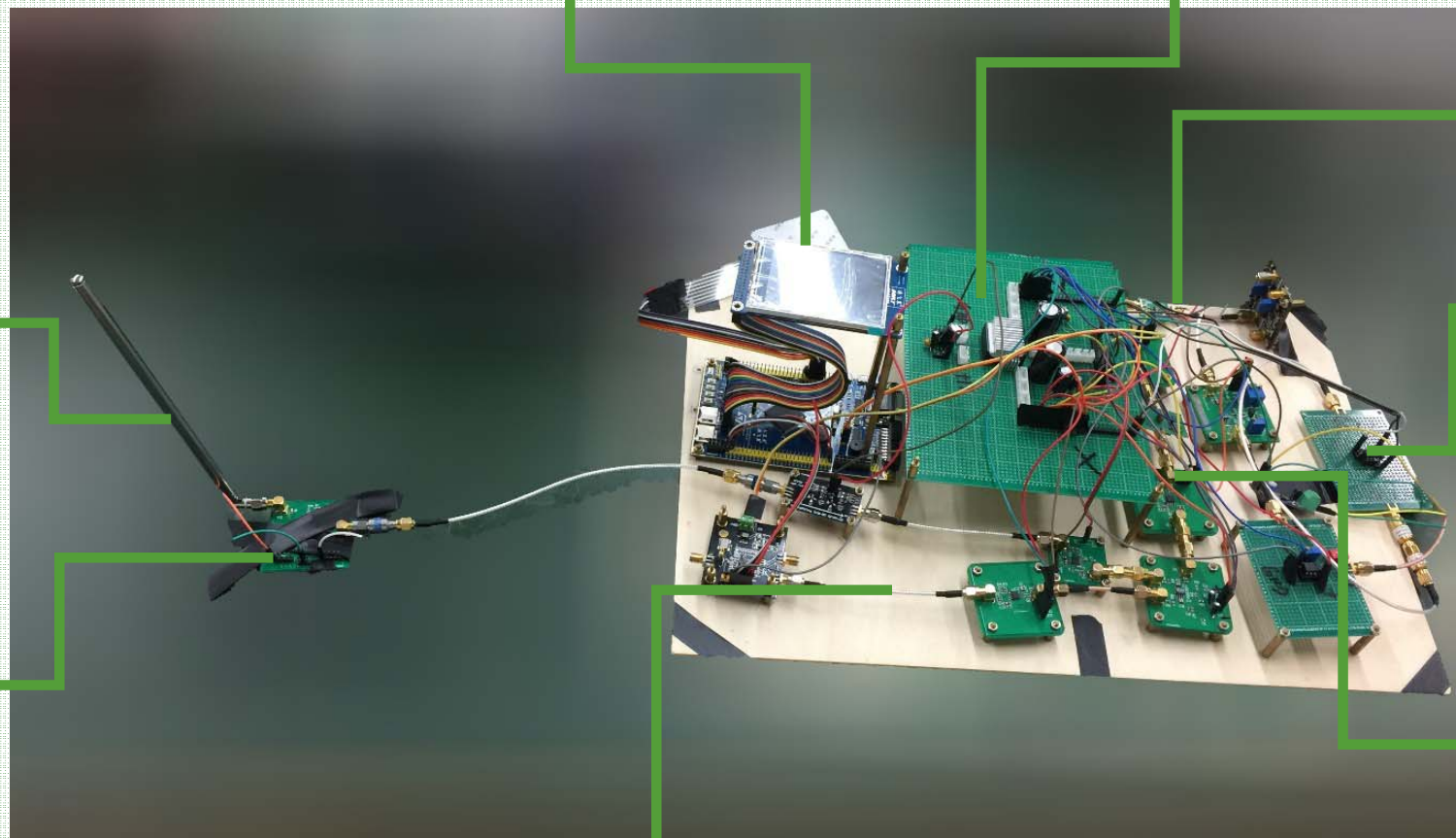
音频放大
电路 (有
源滤波器、
基带放大
器、音频
功率放大
器)

中频放大电
路 (陶瓷滤
波器、
OPA847放
大模块)

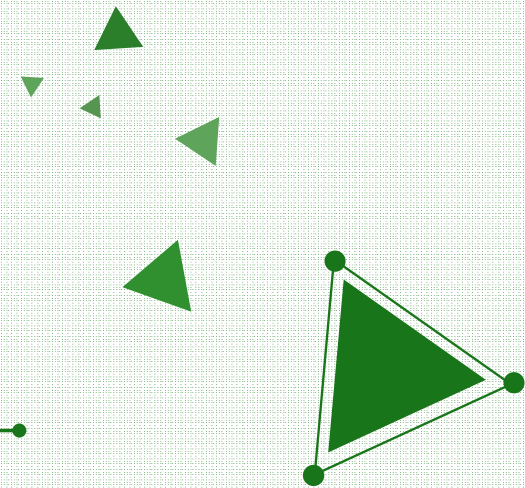
接收天线

功率放
大模块

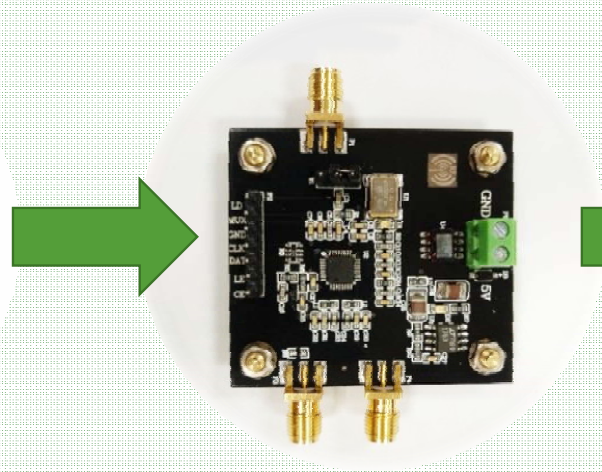
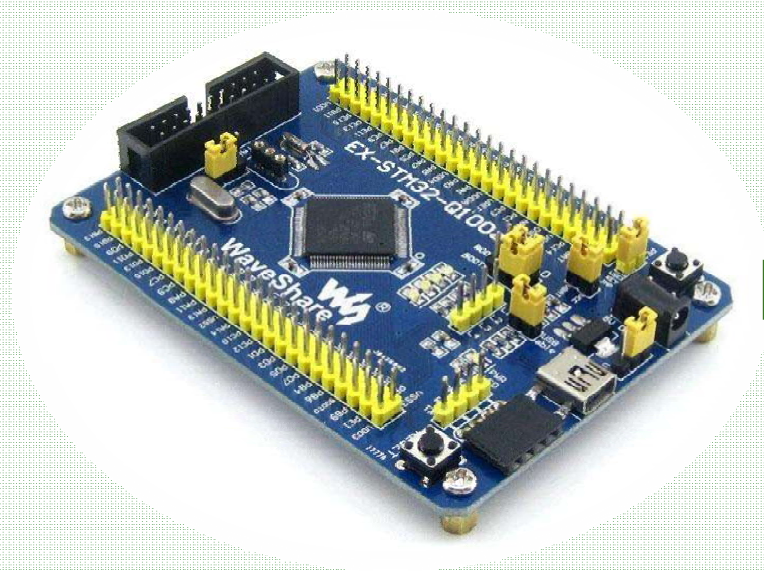
混频电路 (低噪放、锁相环、乘法器、AGC)



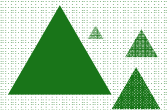
软件实现过程



▲▲ 系统总体电路实物图



One more thing



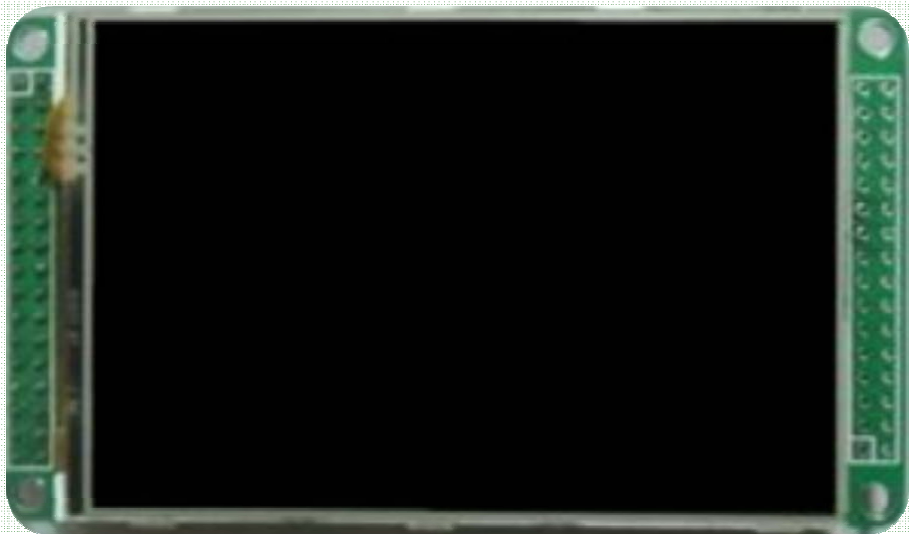
系统总体电路实物图



使用薄膜键盘控制单片机
可控制锁相环产生不同频率的本振信号
拓宽本振信号范围35MHz~4400MHz
载波信号频率范围拓宽到25MHz~300MHz



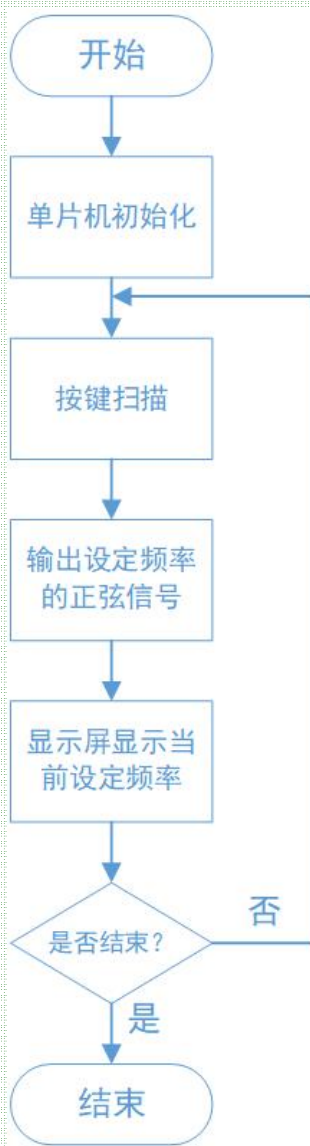
系统总体电路实物图



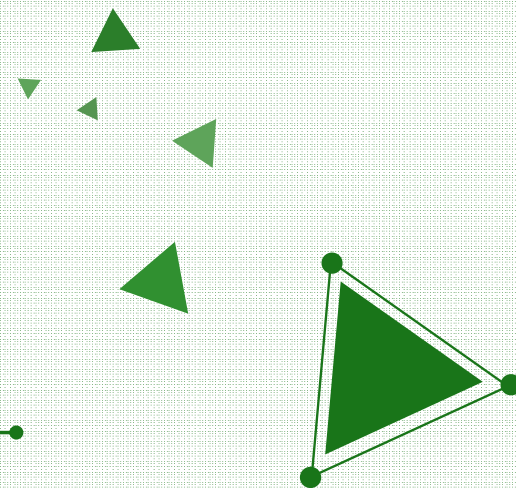
使用TFTLCD显示屏
将本振源的当前频率显示出来



程序流程图



问题及解决办法





问题1：接收不到信号

分析：有可能是发射端信号发射不出来，发射与接收天线姿态不合适，接收端放大电路故障。

解决：通过一一排障和调试，最终发现这是由于发射端信号功率不足。因此作品在发射端拉杆天线前端使用了放大器用于增大信号的发射功率。

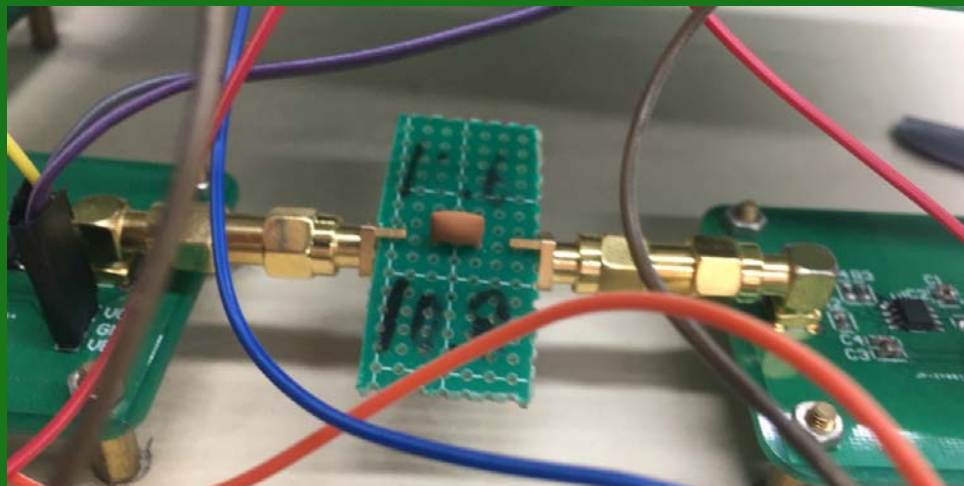




问题2：选取中频信号无法用滤波器

分析：无论是无源还是有源滤波器，焊接结果和理论值会出现非常大的偏差，无源滤波器更是会引起较大的衰减。

解决：选频电路采用了固定中心频率的陶瓷滤波器，将中频频点稳定选取。





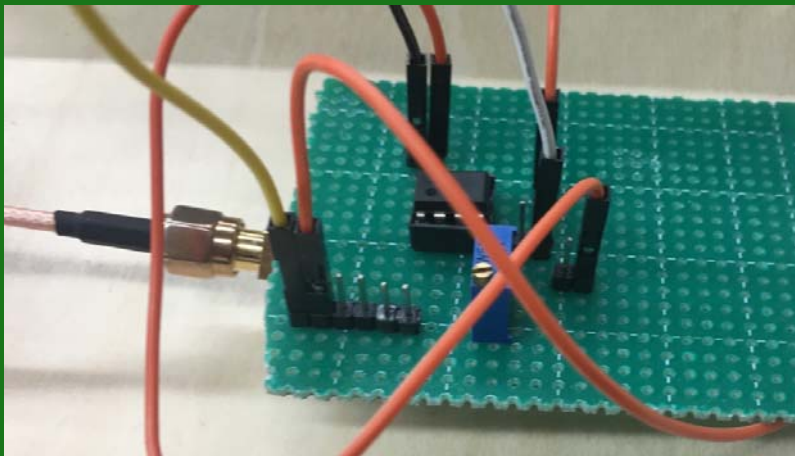
问题及解决方法



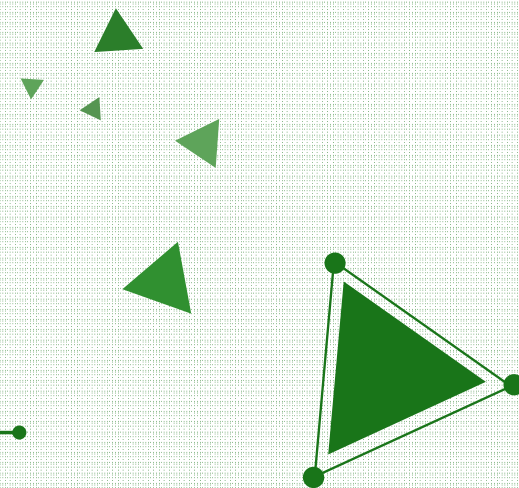
问题3：解调信号频率不正常

分析：调制过程因音频信号缺少直流分量而使得解调出的音频信号与原信号有较大出入。

解决：在乘法器调制模块前增加了加法器模块，将音频信号与一直流偏置信号进行叠加，解调输出后工作正常。



舍弃的部分





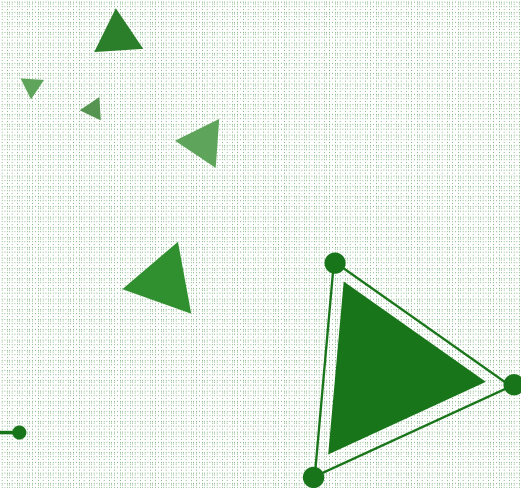
I 加密处理——模拟信号的加密

设计原计划使用蔡氏电路对音频信号进行加密，然而在实际操作中很少对模拟信号进行直接加密，而且对模拟信号的加密方式往往较为单一，容易被破解，生产生活中往往是对数字信号进行数字方法的加密。

而且由于本作品使用stm32单片机控制锁相环产生不同频率的本振信号，因此本作品能够使用不同频率的载波对音频信号进行调制，若果想要解调出正确完整的音频信号，需要知道用于调制的信号的频率，这实际上就是一种针对模拟信号的加密。



分工





分工

|分工

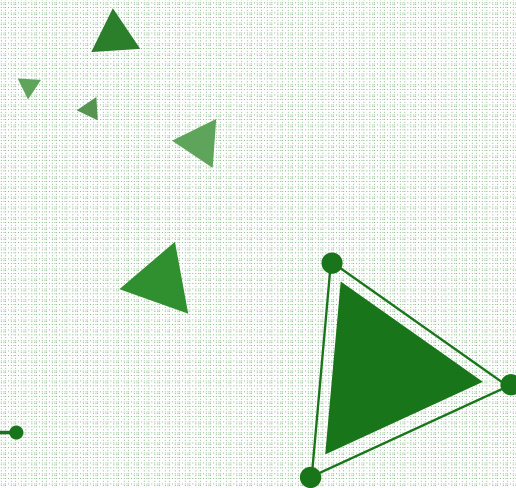
学号	姓名	负责内容	工作量占比	备注
15021247	胡舒展	程序设计、部分仿真、电路调试、报告撰写。	25%	组长
15021238	肖猛	PCB设计制作、部分电路焊接、电路调试。	25%	
15271005	孔令科	部分电路焊接、PPT制作、视频制作、电路调试。	25%	
15021236	方兆吉	部分仿真、电路调试、报告撰写。	25%	



03

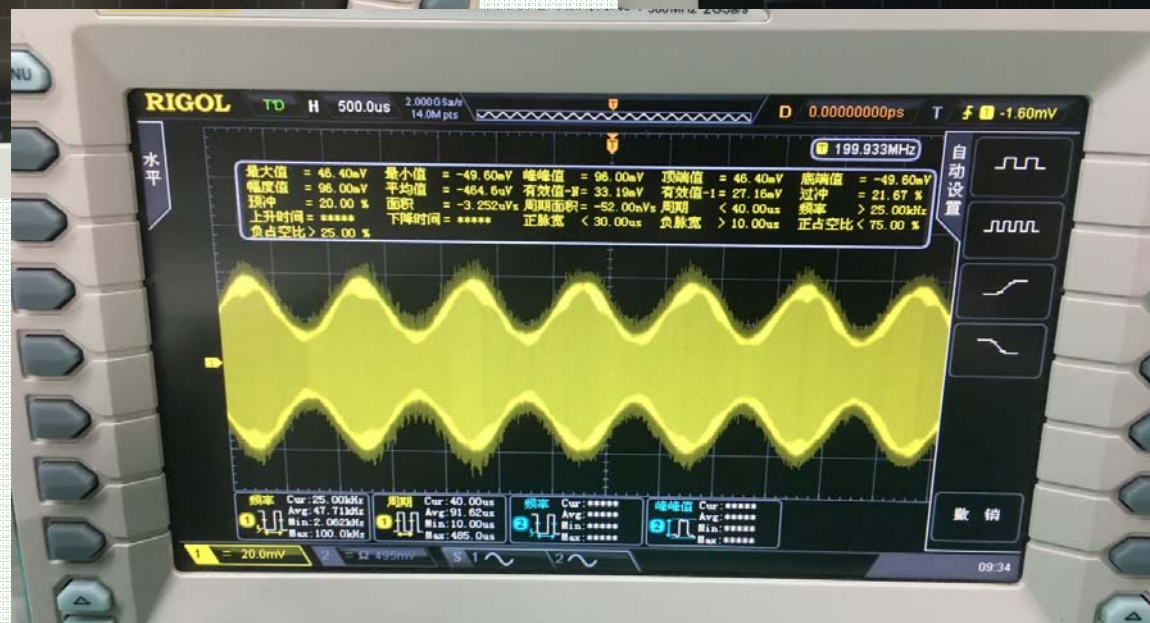
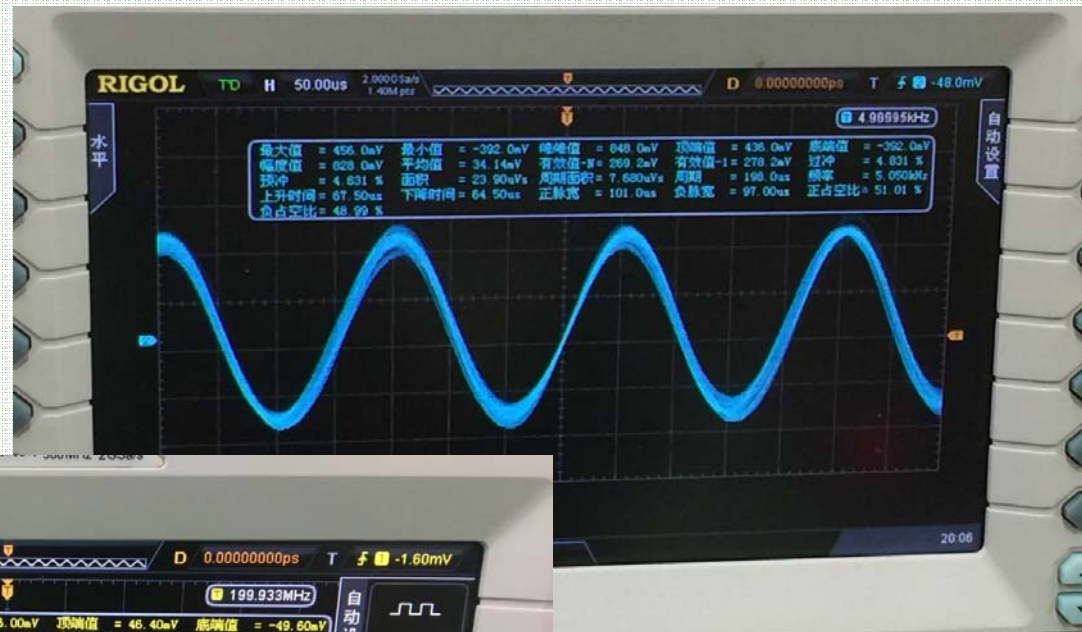
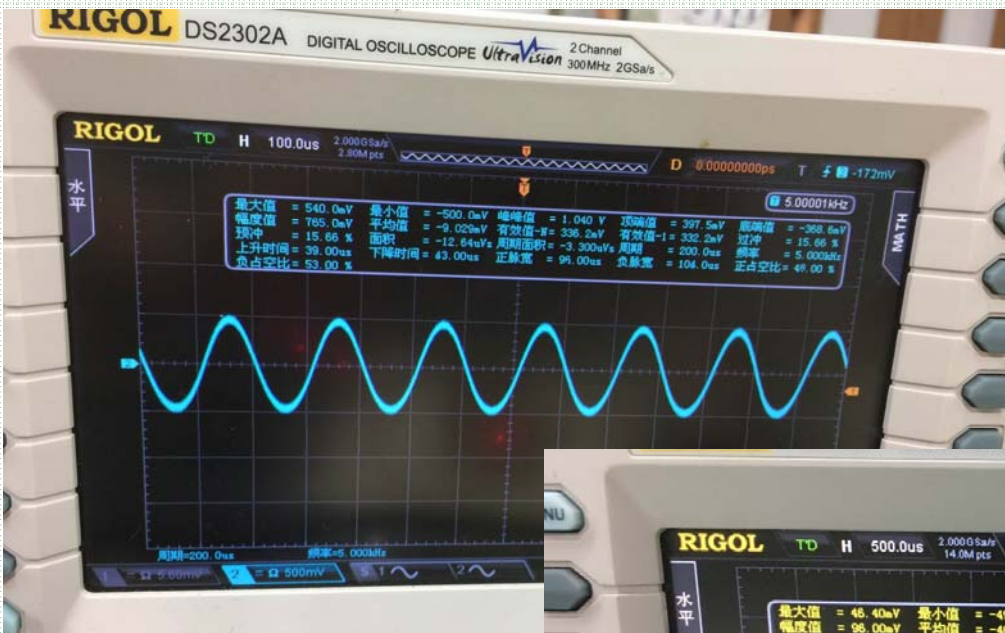
Part Three

测试结果



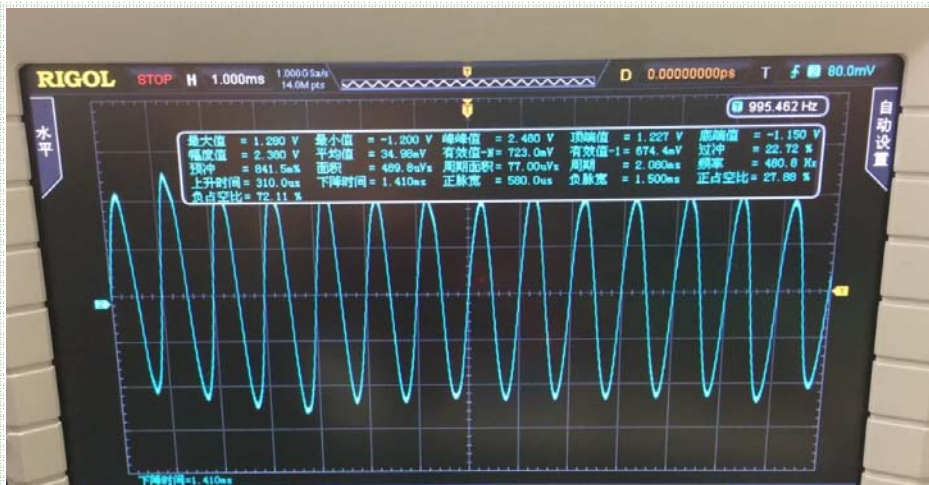


测试结果

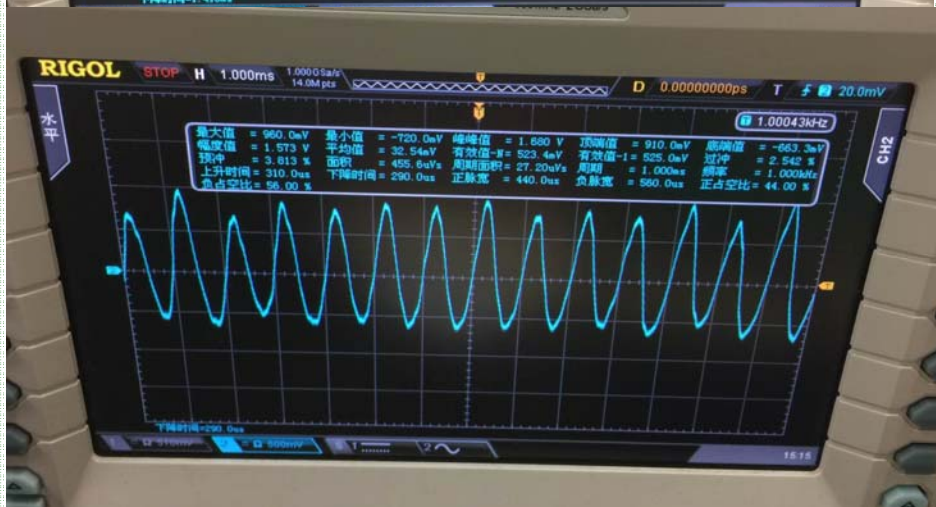




测试结果



使用200MHz载波，1kHz信号（通过音频采集电路后信号幅度为30mVrms），天线间距离50cm，经过整个系统后输出幅度为700mVrms左右，波形如左图所示，波形较为稳定。



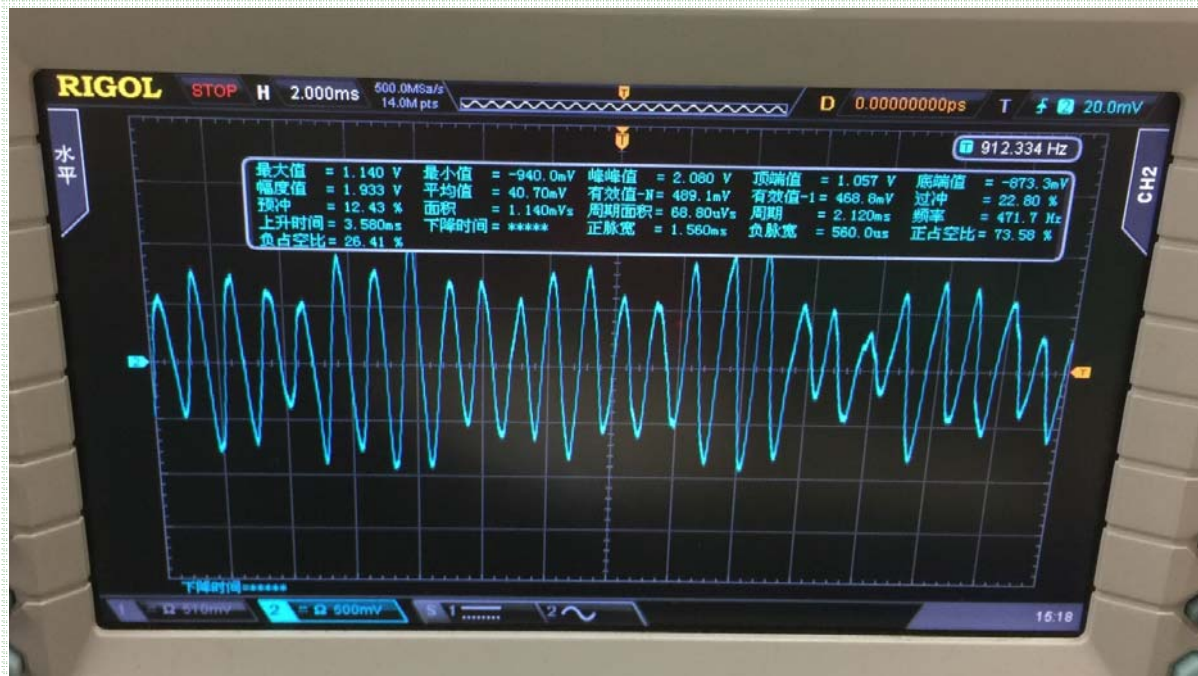
使用25MHz载波，1kHz信号（通过音频采集电路后信号幅度为25mVrms），天线间距离50cm，经过整个系统后输出幅度为500mVrms左右，波形如图所示，波形较为稳定。

载波频率在25MHz~300MHz范围内均可实现功能。可以模拟短波通信。





测试结果



使用35MHz载波，输入某段音频信号
(通过音频采集电路后信号幅度为
30mVrms)，天线间距离1.2m，经过整
个系统后输出幅度为500mVrms左右，
波形如左图所示，波形较为稳定。





测试结果

载波
200MHz
，输入某
段音频信
号，天线
间距离
50cm时的
效果演示。





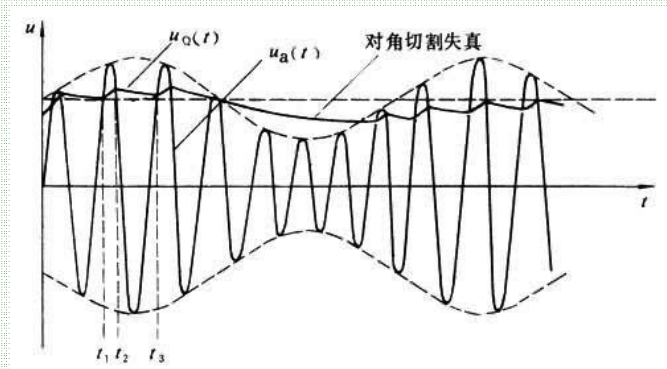
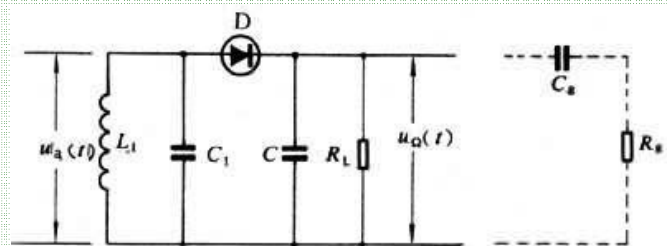
谢谢大家！

THANK YOU FOR YOUR LISTENING



附录

包络检波器的工作原理可用右图波形来说明。在 $t_1 < t < t_2$ 时间内，输入信号瞬时值 $u_a(t)$ 大于输出电压 $u(t)$ ，二极管导通，电容 C 通过二极管正向电阻 r_i 充电， $u(t)$ 增大；在 $t_2 < t < t_3$ 时间内， $u_a(t)$ 小于 $u(t)$ ，二极管截止， C 通过 R_L 放电，因此 $u(t)$ 下降；到 t_3 以后，二极管又重新导电，这一过程照此重复不已。只要RLC选择恰当，就可在负载RLC上得到与输入信号包络成对应关系的输出电压 $u(t)$ 。如果时间常数RLC太大，放电速度就会放慢，当输入信号包络下降时， $u(t)$ 可能始终大于 $u_a(t)$ ，造成所谓对角切割失真（图2）。此外，检波器的输出通常通过电容、电阻耦合电路加到下一级放大器，如图1中虚线所示。如果 R_g 太小，则检波后的输出电压 $u(t)$ 的底部即被切掉，产生所谓的底部切割失真。





附录

锁相环可以锁相，使输出相位与输入相位保持一个固有的、微小的相位差，并使输出频率等于输入频率。

这是通常意义上的锁相环，这种情况下，输出信号直接反馈至输入。

锁相环可以用于倍频，是将输出信号分频后，再反馈至输入。

这时，锁相环实际上锁定的是输入与输出经过分频后的信号的相位，频率相同是指输出信号经过分频后与输入信号频率相同。这样，直接输出的信号的频率就是输入信号的倍频。反馈环节是多少分频，输出对应就是多少倍频。