

# 2018 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

无线话筒扩音系统 (F 题)

【本科及高职高专】



2018 年 07 月 23 日

## 摘 要

本设计是以 RDA5820NS 为核心的无线话筒扩音系统,采用模拟调频方式,载频范围 88MHz~108MHz,可以在大于 10m 的距离上实现无线语音的传输。无线话筒信号可以由调频收音机收听。此外,无线话筒开机时可自动检测可用信道,自动避免干扰。接收机由 TI 公司的 MSP430F5529 作为系统主控,可同时接收两个无线话筒的信号并对其进行混音处理,接收机输出功率为 1W,可直接驱动 8  $\Omega$  喇叭。

**关键词:** 调频,无线话筒,接收机,混音, MSP430F5529

## Abstract

This design is based on RDA5820NS as the core wireless microphone amplification system, using analog frequency modulation, the carrier frequency range is 88MHz~108MHz, and wireless voice transmission can be realized at a distance greater than 10m. The wireless microphone signal can be heard by the FM radio. In addition, the wireless microphone automatically detects the available channels when it is turned on, automatically avoiding interference. The receiver is controlled by TI's MSP430F5529 as the system master. It can simultaneously receive and mix the signals of two wireless microphones. The receiver output power is 1W, which can directly drive 8 $\Omega$  speakers.

**Keyword:** FM, wireless microphone, receiver, mix, MSP430F5529

# 目 录

一. 系统方案 .....	4
1. 方案比较与选择 .....	4
1) 发射机主芯片选择 .....	4
2) 麦克风放大模块 .....	4
3) 加法器模块 .....	4
4) 混音模块 .....	5
5) 音频功放模块 .....	5
2. 方案描述 .....	5
二. 理论分析与计算 .....	7
1. 加法器模块 .....	7
2. 发射功率计算 .....	7
三. 电路与程序设计 .....	7
1. 电路设计 .....	7
1) 无线话筒电路设计 .....	7
2) 麦克风放大电路设计 .....	8
3) 混响电路设计 .....	8
4) 音频功放电路设计 .....	9
5) 加法器电路设计 .....	9
2. 程序设计 .....	10
四. 测试方案与测试结果 .....	11
1. 测试仪器 .....	11
2. 测试结果 .....	11
五. 结论 .....	12
六. 参考文献 .....	12

# 无线话筒扩音系统(F 题)

## 【本科及高职高专】

### 一. 系统方案

#### 1. 方案比较与选择

##### 1) 发射机主芯片选择

###### 方案一：采用分立元件搭建

采用模拟方案。使用 VCO 对输入音频信号进行压频变化，之后通过混频器上变频至 88MHz~108MHz。该方案为实现发射频率精确可调，还需要可调频率本振。分立元件方案器件较多，功耗较大。

###### 方案二：采用集成芯片 RDA5820NS

RDA5820NS 是锐迪科半导体推出的一款集成 FM 收发器，内部包含一套全集成的 FM 收发系统，可由两节干电池直接供电，频率覆盖 60MHz~108MHz。只需要对其内部寄存器进行配置，便可完成发射参数的配置。通过配置，RDA5820NS 还可以在收发机之间切换，非常适合完成开机信道检测的功能。

由于题目中要求发射机电池供电，综合以上两种方案，方案一实现繁琐，功耗较大，不易实现，方案二方案简单，易于实现，故选择方案二。

##### 2) 麦克风放大模块

###### 方案一：采用通用运放放大

使用电源给麦克风提供偏置，然后采用同相放大电路对麦克风信号进行放大。运算放大器具有使用方便、增益稳定的特点，性能较好。

###### 方案二：采用 MAX9814 放大

MAX9814 是一款低成本、高音质麦克风放大器，内置自动增益控制（AGC）以及低噪声麦克风偏置。该器件集成低噪声前置放大器、可变增益放大器（VGA）、输出放大器、麦克风偏压发生器以及 AGC 控制电路。

综合以上两种方案，方案二可直接提供麦克风偏置并具有极低的噪声，性能优异，故选择方案二。

##### 3) 加法器模块

###### 方案一：采用 OP07 制作加法器

采用通用运算放大器 OP07 制作加法器。OP07 增益带宽积典型值为 0.6MHz，具有低噪声、低偏置的特点，但是 OP07 转换速率较低（0.3V/uS），大信号带宽较

小。

#### **方案二：采用 OPA1611 制作加法器**

采用 TI 公司的专业音频运算放大器 OPA1611 制作加法器。OPA1611 增益带宽积典型值为 40MHz, 转化速率 27V/μs, 具有超低噪声密度和超低失真的特点, 适合音频信号处理使用。

综合以上两种方案, 方案二性能较好, 故选择方案二。

### **4) 混音模块**

#### **方案一：使用单片机进行混音**

接收到的信号可以通过 IIS 总线直接得到数字音频信号, 采用 MCU 对采集到的音频信号进行延时、衰减、相加可以得到数字混音信号, 之后通过 DAC 直接输出混音后的信号。

#### **方案二：采用集成芯片实现混音**

采用 CD2399 混响处理器芯片对音频进行混音。CD2399 是一块混响处理器芯片, 该芯片采用 CMOS 工艺, 具备数模、模数转换功能和很高的取样频率, 同时还内置了一个 44K 的存储器。数字处理部分产生延迟时间。系统时钟采用内置压控振荡器产生, 是数字处理电路的一大特点, 它使得频率很容易调整。CD2399 的优势在于它具有很低的失真系数 ( $THD < 0.5\%$ ) 和噪声 ( $NO < -90dBV$ ), 因此能够输出高品质的音频信号。为了追求更简单的 PCB 版图布局和更低成本, CD2399 的引脚排列和应用电路都进行了优化。使用 CD2399 完成混音功能, 实现简单, 性能优异。

综合以上两种方案, 方案一较为灵活, 但实现较为复杂, 不易在比赛期间完成, 方案二实现简单, 故选择方案二。

### **5) 音频功放模块**

#### **方案一：使用三极管搭建音频功放模块**

采用分立元件方案, 使用三极管互补推挽电路搭建功放模块。

#### **方案二：采用 TDA2030A 搭建音频功放模块**

TDA2030A 具有较宽的电源电压以及较低的失真, 可以直接驱动 8 欧喇叭, 输出功率可达 14W, 外围电路简单, 性能优异。

综合以上两种方案, 方案一较为灵活, 但调试略繁琐, 方案二实现简单, 满足题目要求, 故选择方案二。

## **2. 方案描述**

根据方案比较、分析与综合考虑, 本系统最终确定的无线话筒系统框图如图 1 所示:

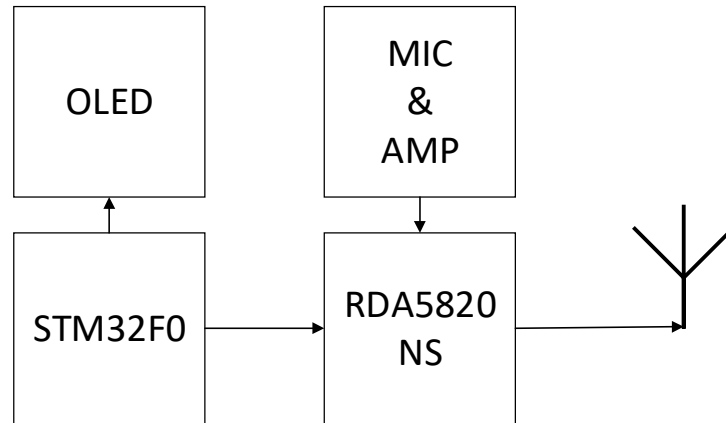


图 1 无线话筒系统

该方案通过 STM32F0 控制 RDA5820NS 配置为发射机完成 FM 信号频率设置，通过将 RDA5820NS 配置为接收机完成空闲信道检测与自动信道选择。无线话筒的相关参数在 OLED 上显示并可以通过按键进行配置。整个无线话筒系统通过两节干电池进行供电。

本系统最终确定的接收机系统框图如图 2 所示：

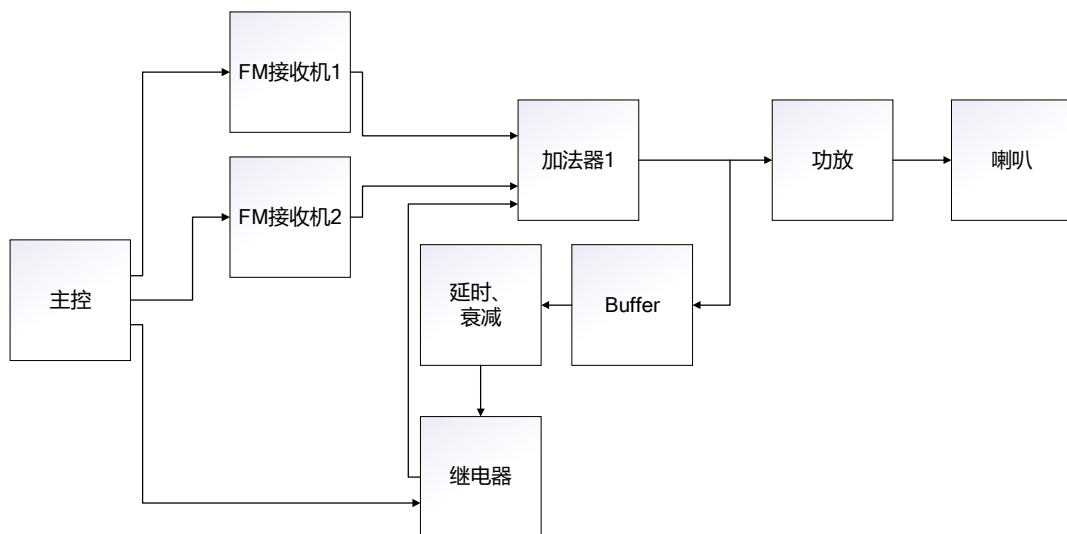


图 2 接收机系统

接收机由两个接收通道构成，可同时接收两个无线话筒信号。接收到的信号可以单路或加法输出，音频信号还可选混音处理，最终处理过的信号经过功放输出至喇叭。

## 二.理论分析与计算

### 1.加法器模块

加法器模块搭建的是同相比例运算放大电路，输入和输出遵从以下的关系式：

$$V_{out} = (\frac{R1+R2}{R2})(V_{IN1} \frac{R3}{R3+R4} + V_{IN2} \frac{R4}{R3+R4})$$

设电阻  $R1 = R2 = R3 = R4 = 10K\Omega$ ，则  $V_{out} = V_{IN1} + V_{IN2}$ ，可以实现两路输入信号直接相加的功能。

### 2.发射功率计算

RDA5820NS 在 88-108MHz 的接收灵敏度最差为-104dBm@108MHz。由自由空间损耗公式：

$$L = 32.45 + 20 \times \log(f) + 20 \times \log(d)$$

其中，L 表示自由空间损耗，f 为发射频率，单位为 MHz，d 为距离，单位为 km。

取  $d = 0.01km$ ， $f = 108MHz$ ，计算可得路径损耗  $L = 33dB$ 。考虑天线匹配及其他损耗 30dB，最小发射功率为-41dbm 可以满足要求。为了实现更好的接收发送性能，取发射功率为 0dbm。

## 三. 电路与程序设计

### 1.电路设计

#### 1) 无线话筒电路设计

无线话筒电路如图 3 所示。麦克风信号经过 MAX9814 放大后送入 RDA5820NS 发射出去。

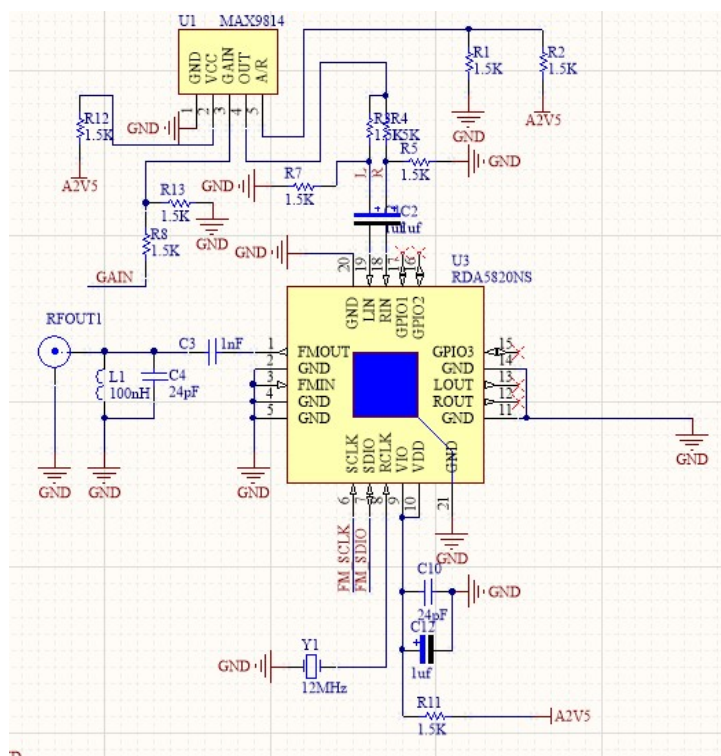


图 3 无线话筒电路

## 2) 麦克风放大电路设计

无线话筒电路如图 4 所示。麦克风信号经过 MAX9814 放大后送入 RDA5820NS。

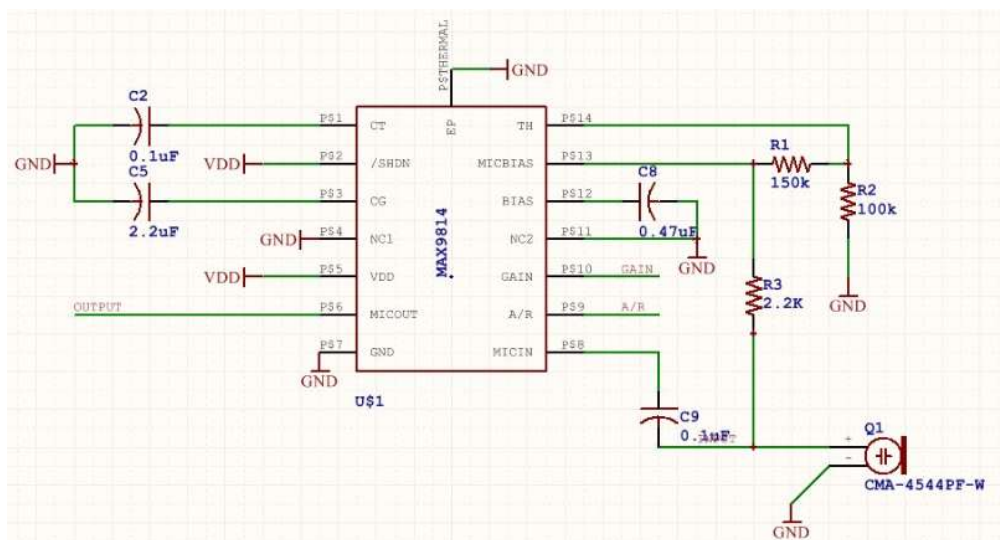


图 4 麦克风放大电路

## 3) 混响电路设计

混响电路如图 5 所示。通过调节 VR1，可以实现 30ms~350ms 的时移。



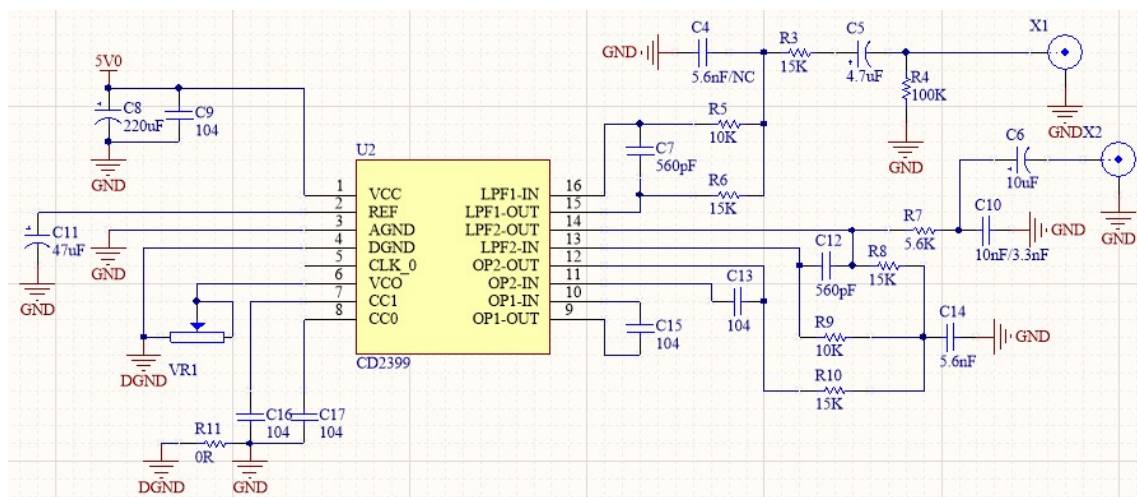


图 5 混音器电路

#### 4) 音频功放电路设计

音频功放电路如图 6 所示。通过调节 VR1，可以实现音量的调节。

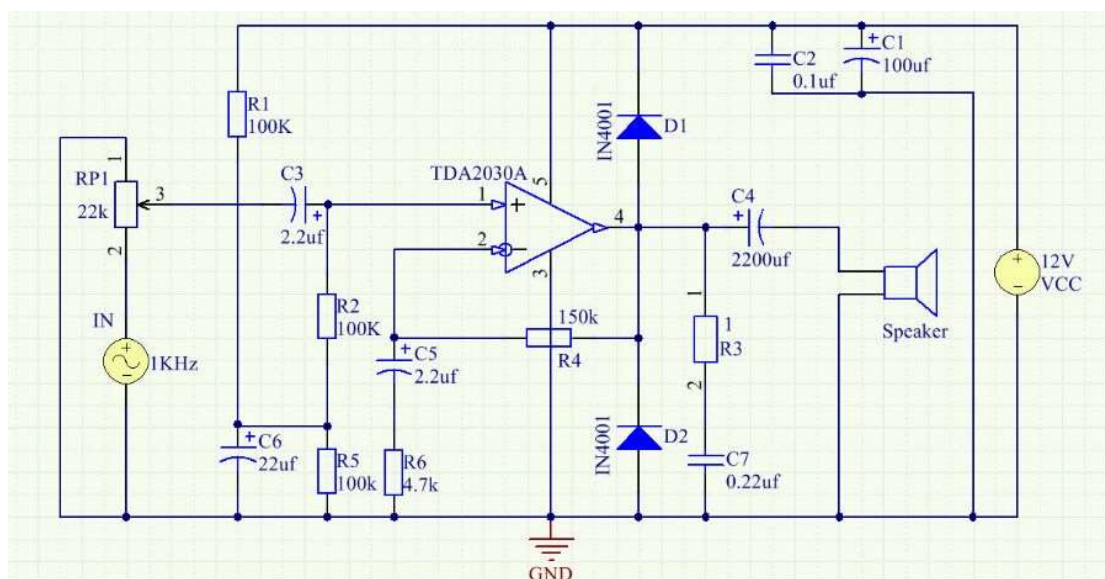


图 6 音频功放电路

#### 5) 加法器电路设计

加法器电路如图 7 所示。为了实现 IN1 和 IN2 幅度不变的同比例相加，需要  $R1=R2=R3=R4$ 。

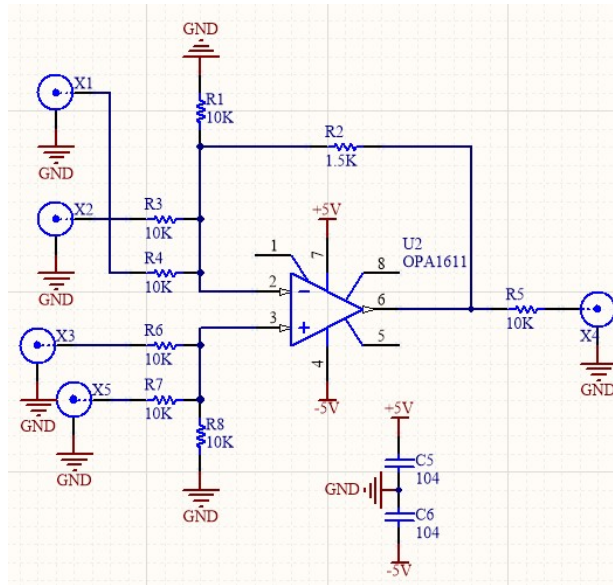


图 7 加法器电路

## 2.程序设计

本系统发射端使用 STM32F030 芯片来实现更小的体积和更小的功耗，接收端使用 MSP430F5529 来完成控制。发送和接收端程序框图如图 8 所示。

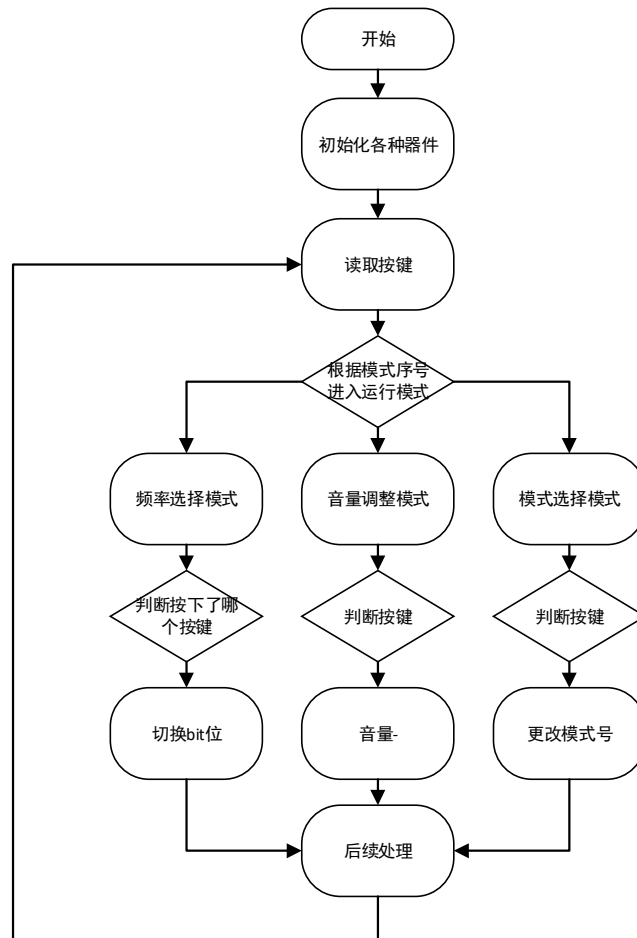


图 8 程序框图

## 四.测试方案与测试结果

### 1.测试仪器

测试时使用的仪器有：米尺（1把），DG4162 信号源（1台），MSO4054 示波器（1台）和 FM 调频收音机（1台）。

### 2.测试结果

测试结果如表 1 所示。

表 1 要求测试结果

测量项目	题目指标	完成情况	是否达标	测试方案简述与测量仪器
1	无线话筒采用模拟调频方式，载波频率范围为 88MHz~108MHz，最大频偏为 75kHz，音频信号带宽为 40Hz~15kHz，天线长度小于 0.5 米。可以用普通调频广播收音机收听话筒信号，音频信号应无明显失真。无线话筒采用 2 节 1.5V 电池独立供电	实现相应要求的 FM 调制的无线话筒，话筒声音可以由普通调频广播收音机收听，音频信号清晰	是	使用收音机收听话筒信号 FM 调频收音机
2	无线话筒载波频率可以在 88MHz~108MHz 间任意设定，频道频率间隔 200 kHz	载波频率可以在 50MHz~115MHz 之间设定，频率步进 100KHz	是	使用示波器测量 FM 信号 MSO4054 示波器
3	制作与无线话筒相应的接收机，通信距离大于 10m。8Ω 负载下，最大音频输出功率为 0.5W。接收机可以用成品收音机改制	通信距离大于 10m，8Ω 负载下最大不失真输出功率大于 1W	是	使用米尺测量通信距离 使用示波器测量 8Ω 负载上峰峰值 米尺、MSO4054 示波器
4	再制作一只满足上述要求的无线话筒。通过手动分别设置两只话筒的载波频率，使两只话筒可以同时使用，并改进接收机，手动控制实现分别对两只话筒扩音或混声扩音	两只无线话筒可以同时使用，接收机可以手动控制实现分别对两只话筒扩音或混声扩音	是	将两只话筒分别设置成不同频率并用接收机接收

5	两只无线话筒在开机时可以自动检测信道占用情况，如果发现相互存在干扰或存在其他电台干扰，可以通过自动选择载波频率规避干扰信号。响应时间小于 1 秒	话筒开机可以自动检测空闲信道并规避干扰，响应时间小于 1S	是	开话筒开机时使用示波器测量话筒发射端信号 MSO4054 示波器
---	--	-------------------------------	---	-------------------------------------

## 五.结论

本作品完成了题目的所有基础指标和发挥要求并在频率范围、步进以及传输距离上超过了题目的要求。经过四天三夜的奋战，终于完成了作品。感谢赛前辅导老师与同学在平时训练中给予的极大帮助，也感谢 TI 公司对本次比赛的大力赞助。

## 六.参考文献

- [1] 文光俊,谢甫珍,李建.无线通信射频电路技术与设计[M].北京:电子工业出版社
- [2] 张玉兴,杨玉梅,敬守钊,陈瑜,射频模拟电路与系统[M].成都:电子科技大学出版社
- [3] 华成英,童诗白.模拟电子技术基础（第四版）[M].北京:高等教育出版社