



TI杯2019年全国大学生电子设计竞赛

赛题解析与技术交流研讨会



简易电路特性测试仪

TI杯2019全国大学生电子设计竞赛赛题解析与技 术交流研讨会

队员：张泽之、李论、郭竞文

指导教师：李胜铭 吴振宇

大连理工大学 创新创业学院

海纳百川、自强不息、厚德笃学、知行合一。

目录



赛前准备



作品方案



参赛感悟

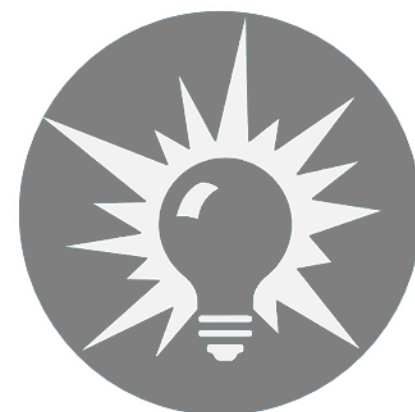




赛前准备

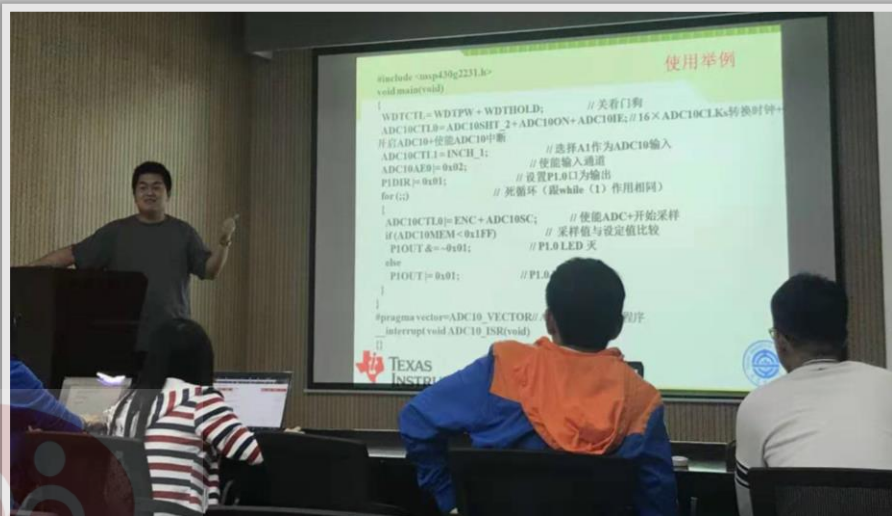


作品方案



参赛感悟

- 老师平时授课指导
- 老师赛前专题培训
- 学长经验交流
- 赛前准备硬件模块、软件代码、各类工具等



平时授课



竞赛专题培训



优秀学长经验交流



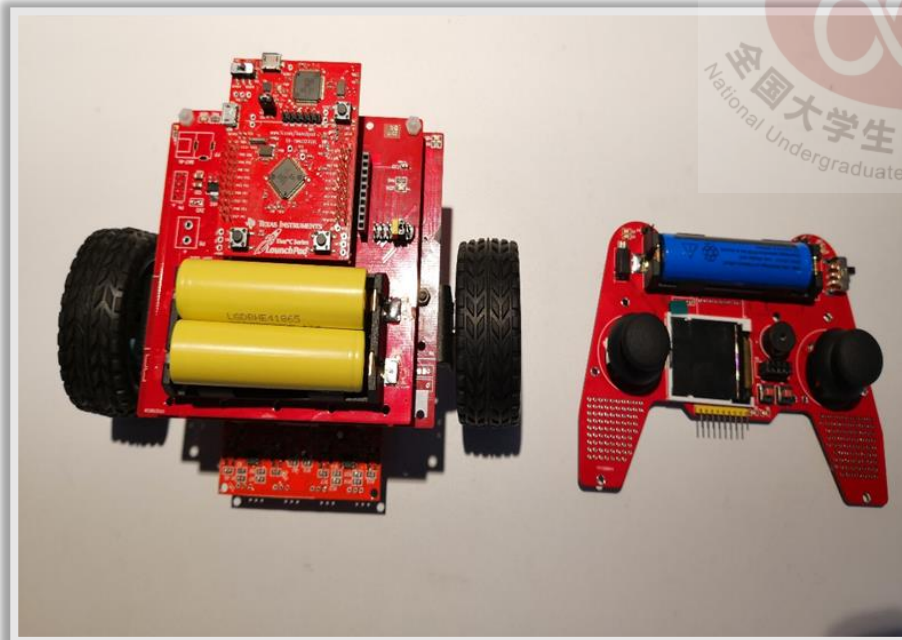
校电子制作竞赛



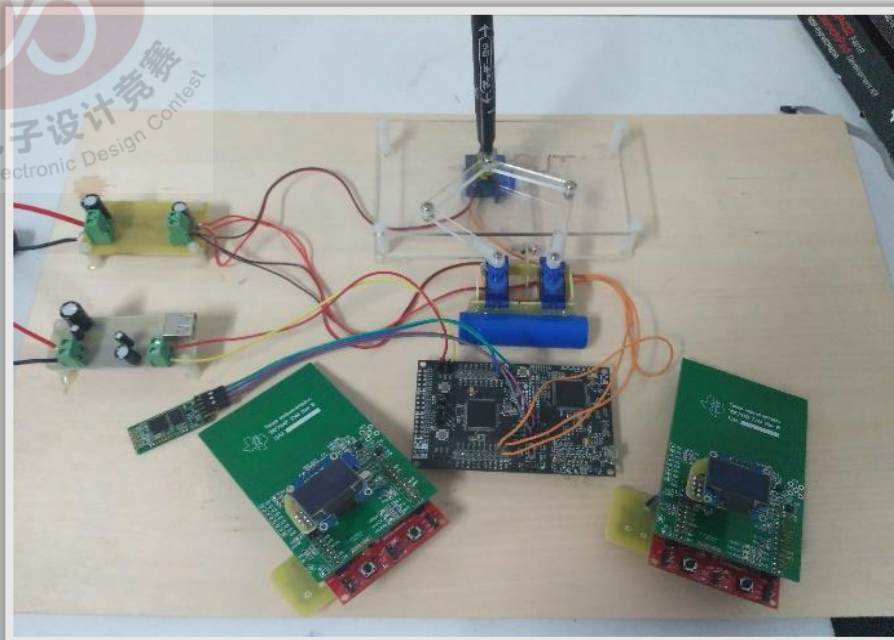
“TI杯”省电赛选拔赛

- 参赛2019TI杯，总计参加**1**次校级电子制作竞赛、**2**次电子设计竞赛选拔赛、**2**次竞赛赛前辅导培训、**5**次院内专项赛。
- 团队三年参加电子设计类比赛**32**次，曾获**2018**年省**TI**杯、科创标兵等荣誉。平时竞赛**锻炼提升能力，磨合队伍。**

- 学院课程配套项目设计。老师指导，支持自己选择、设计项目。学院提供板卡、材料经费等支持。
- 自主设计项目有：音频功率放大器、智能小车、数控恒压恒流电源、NFC通信系统、写字机器人等。

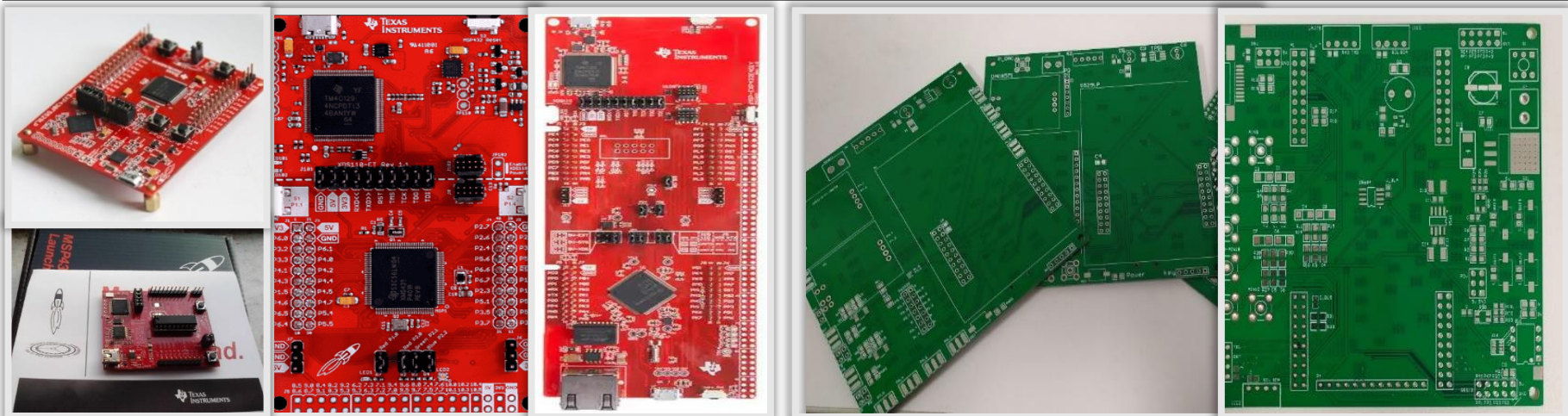


TM4C123G智能小车制作



TRF7970近场通信系统设计

- **MSP430G2553**：按键驱动、PWM、SPWM、实时时钟、ADS1115驱动、DAC8571驱动、12864液晶屏、E-ink 电子纸驱动、OLED驱动、语音播报、串口通信、舵机、超声波避障程序等。
- **MSP430F5529**：低功耗模式、语音识别模块驱动、低功耗液晶屏驱动程序、OLED驱动程序、ADS1118驱动、DAC8562驱动、PWM、RTC实时时钟、调频收发器驱动程序、DDS和锁相环驱动程序等。
- **MSP432E401**：LED、键盘驱动、TFT彩屏驱动、AD/DA驱动程序、同步采样、过采样算法、DDS和锁相环驱动、数字滤波算法等。

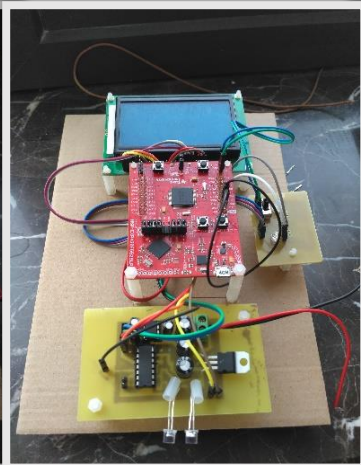
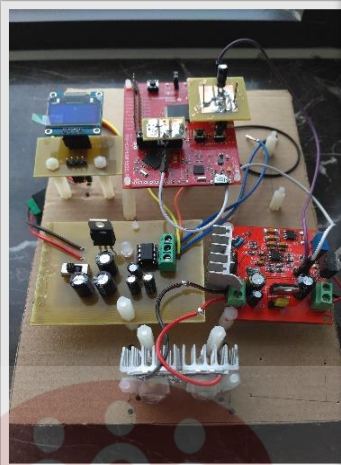


设计MSP430、MSP432程序

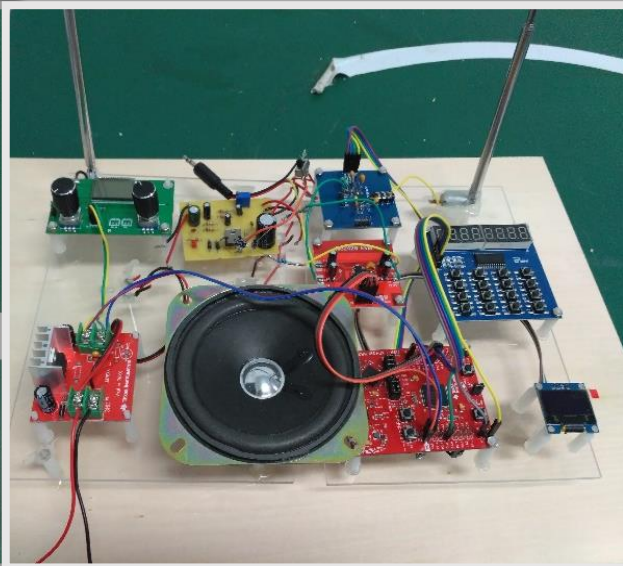
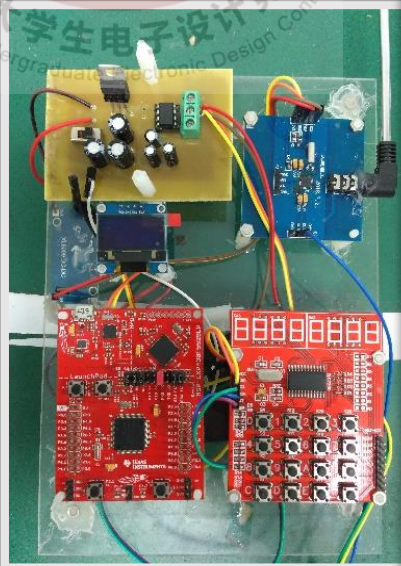
设计MSP430、MSP432底板

- 可见光通信系统
- 无线识别装置
- 无线语音通信系统
- 射频增益放大器
- 单相用电器检测装置
- 远程幅频特性测试仪
- 调幅信号处理实验电路

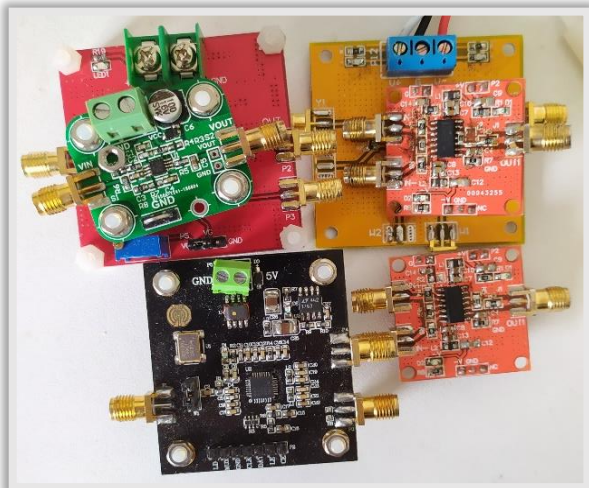
**真题练习虽然很费时间，
但充分锻炼队伍能力。**



可见光通信、无线识别装置



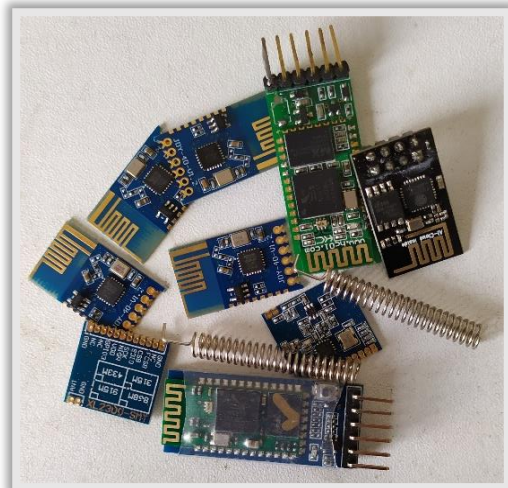
无线语音通信系统



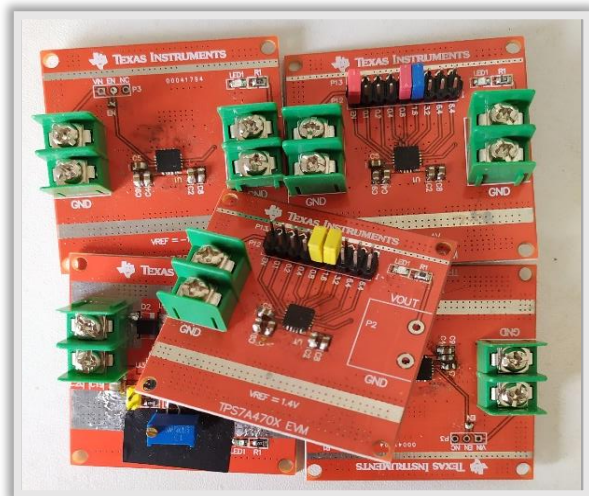
高频类：DDS、PLL、检波器、乘法器、VCA、混频器等



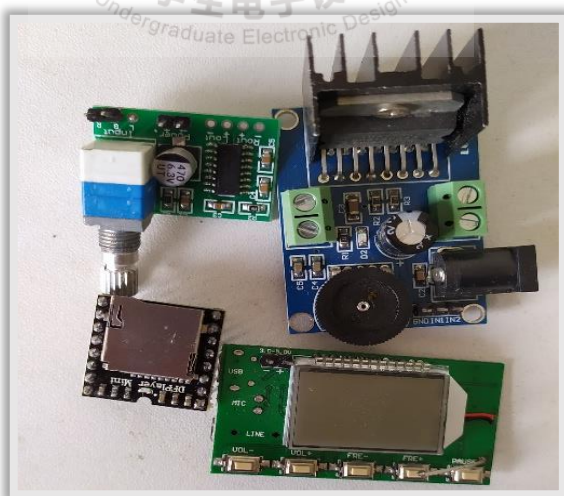
人机交互：按键、低功耗液晶屏、彩色TFT、电子纸等



无线通信：蓝牙、NFC、WIFI、lora、ZigBee等



电源：线性、开关稳压器、射频稳压器、电荷泵反压等



音频类：MP3播放器、调频收发器、音频功放等



其他：运放拓扑、滤波器、核心板、转接板等

沟通好，交流好 软件、硬件、结构分工准备

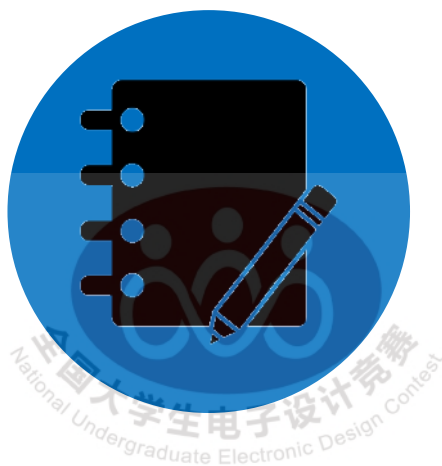
- 李论——软件
- 张泽之——硬件制作、文档整理
- 郭竞文——硬件制作、电路仿真

全国大学生电子设计竞赛
National Undergraduate Electronic Design Contest





赛前准备



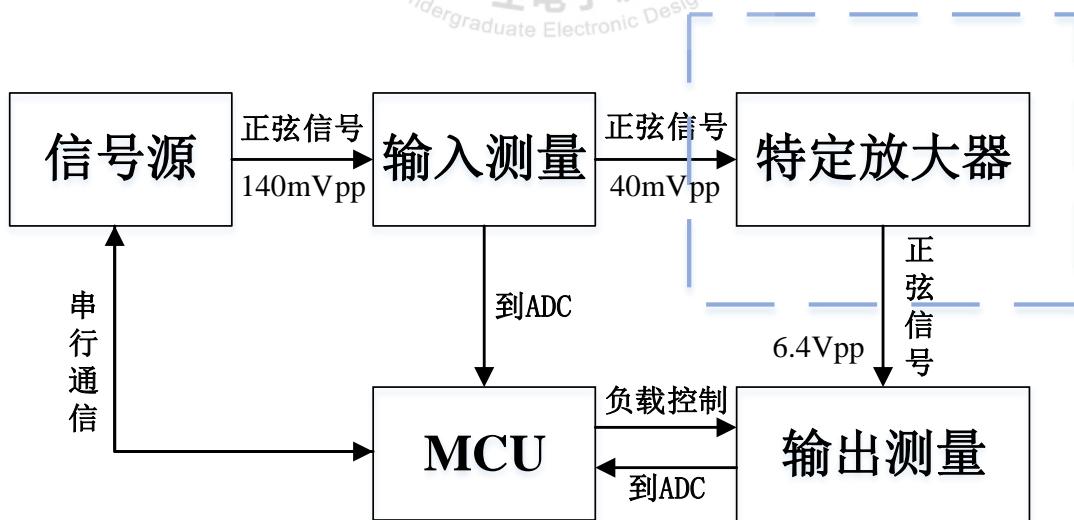
作品方案



参赛感悟



- **信号源**：产生频率、幅值、相位可变正弦信号。
- **输入测量**：串入采样电阻，测量电阻两端信号幅值，计算得到待测放大器的输入电阻，结合输出测量，计算得到放大器增益。
- **输出测量**：交流直接采样与检波采样，获取放大器输出幅值、计算增益等工作状态信息。
- **待测放大器（电流串联负反馈）**：输入信号 40mV_{pp} 时，放大倍数约140倍，上限频率 150kHz 左右。



系统方案框图

➤ **DDS+滤波器+跟随器**

➤ **选择方案：** DDS集成芯片方案。

DDS芯片输出恒定幅值、相位、频率可调的正弦信号，频率范围在30Hz到1MHz。电压跟随器不需要高带宽，但需要一定的驱动能力，使用OPA211（1.1-nv/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 噪声、低功耗、精密运算放大器）。

串行通信

DDS，产生频率可调、幅值稳定的正弦信号

DA输出

7阶无源椭圆滤波器，
使用Filter Solution
设计

正弦信号

电压跟随器，提高驱动能力，
尽量降低信号源内阻

正弦信号输出

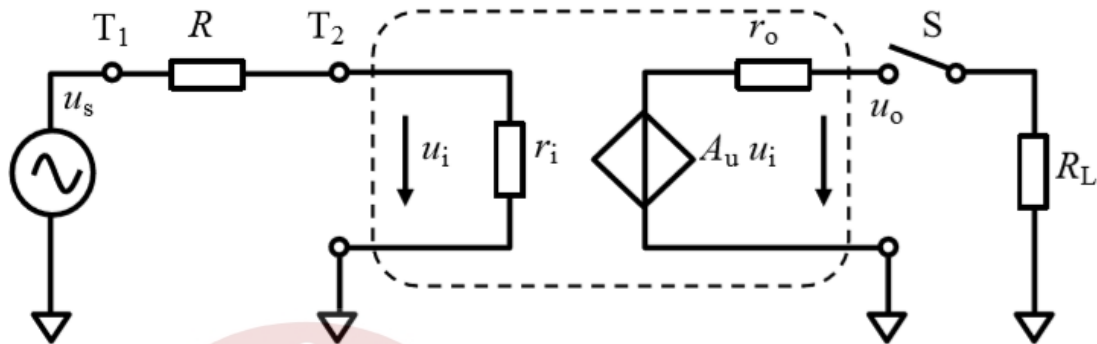
信号源



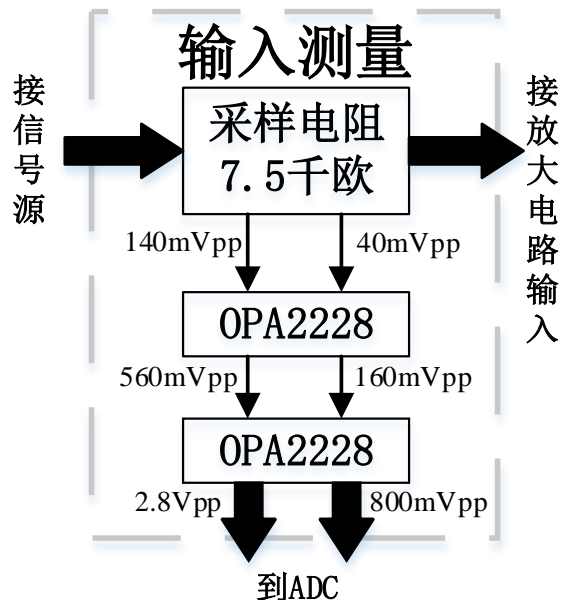
原理电路：

$$R_{IN} = \frac{U_2}{U_1 - U_2} R$$

公式1



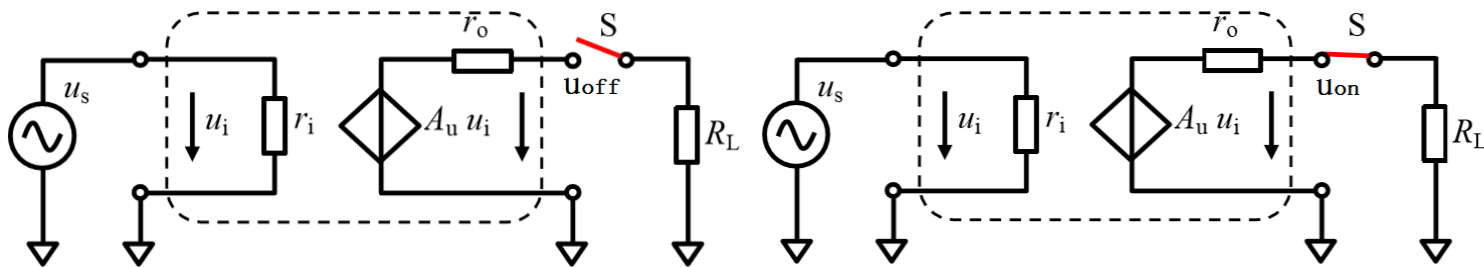
- 采样电阻R的阻值取值：7.5KΩ。
- DDS输出信号140mV，分压后信号40mV：处理器采集前进行放大。
- 设计采集输入信号放大器的放大倍数为20倍：要求放大器在输入信号为140mV，频率30Hz到300KHz内增益稳定。采用两片OPA2228级联，实现T1和T2两点的信号放大。



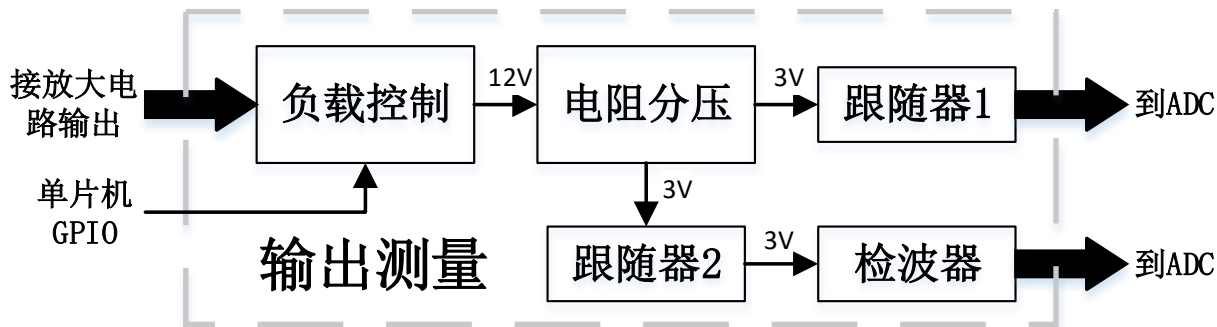
原理电路：

$$r_o = \frac{U_{off} - U_{on}}{U_{on}} R_L$$

公式2



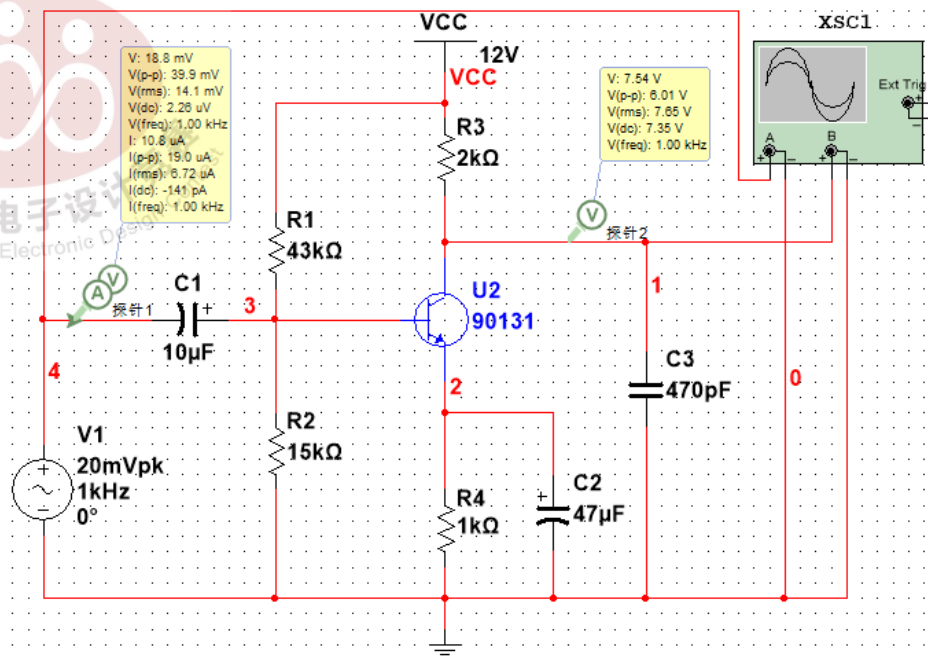
- **负载电阻 R_L 阻值选择：**1.6K Ω 。
- **负载控制开关：**使用N沟道场效晶体管。通过单片机GPIO输出高低电平控制负载电阻接入和断开。
- **待测放大电路输出信号最大为12V，选择91K Ω 和30K Ω 电阻分压。**使用OPA189作跟随器。单片机ADC直接采集低频信号，无法采集高频扫频信号 (>100kHz)。
- **另一路通过OPA189作跟随器连接检波器整流成直流：**用于检测频率较高的信号。



- 电阻故障通过对输出信号的直流电压进行判断。
- 在输出直流电压正常的情况下，C1断路、C2断路、C2加倍通过输入电阻判断。
- C3主要影响高频信号的增益（带宽），C1容值通过低频信号相位变化判断。

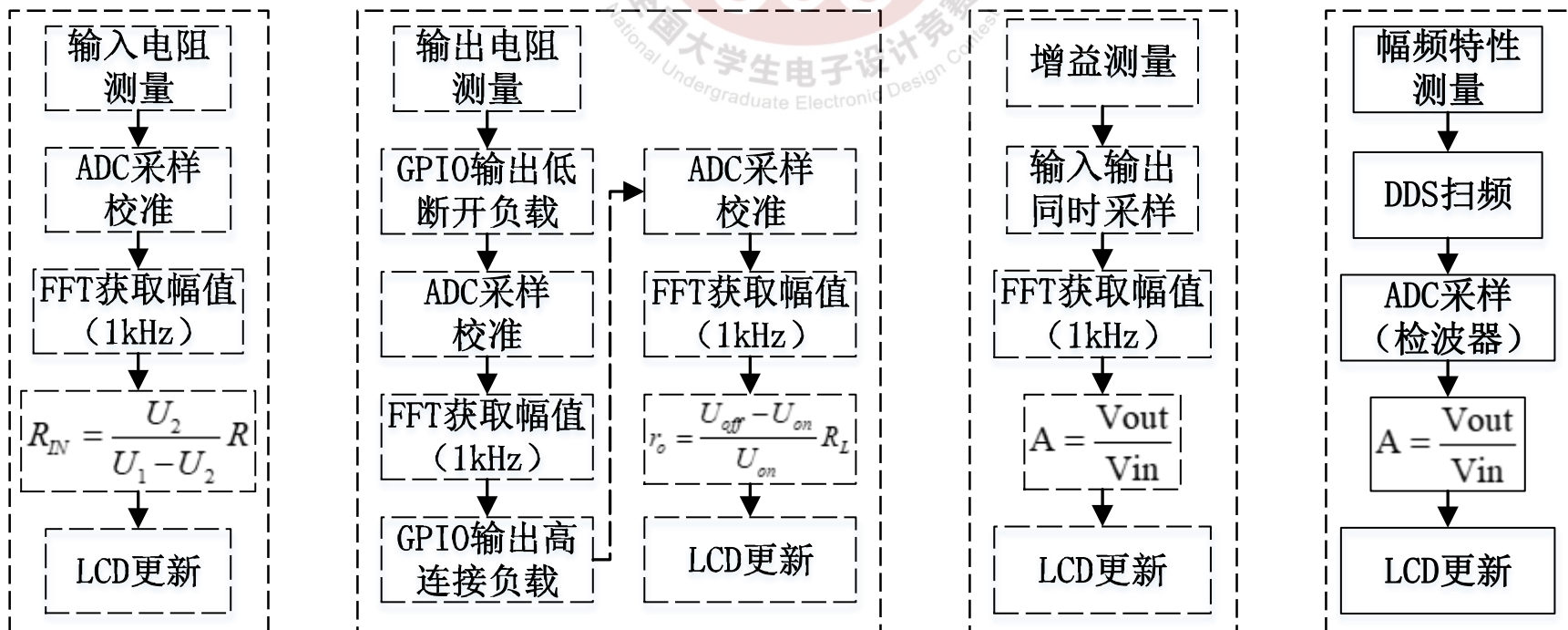
故障情况	Vout(DC)	Vout(AC)	输入电阻
正常情况	7.35V	5.99Vpp	2098.21Ω
R1断路	12V	0	14952.28Ω
R2断路	4.16V	287mVpp	124.56Ω
R3断路	204mV	0	194.48Ω
R4断路	12V	0	111102Ω
R1短路	10.6V	0	15.67Ω
R2短路	12V	0	15.67Ω
R3短路	12V	0	2234.55Ω
R4短路	53.6mV	97mVpp	104.44Ω
C1断路	7.35	0	--
C2断路	7.35	78mVpp	10522.39Ω
C3断路	7.35	6.02Vpp	2098.21Ω
C1加倍	7.35	6.02Vpp	2098.21Ω
C2加倍	7.35	6.18Vpp	2046.44Ω
C3加倍	7.35	5.97Vpp	2098.21Ω

仿真结果汇总表

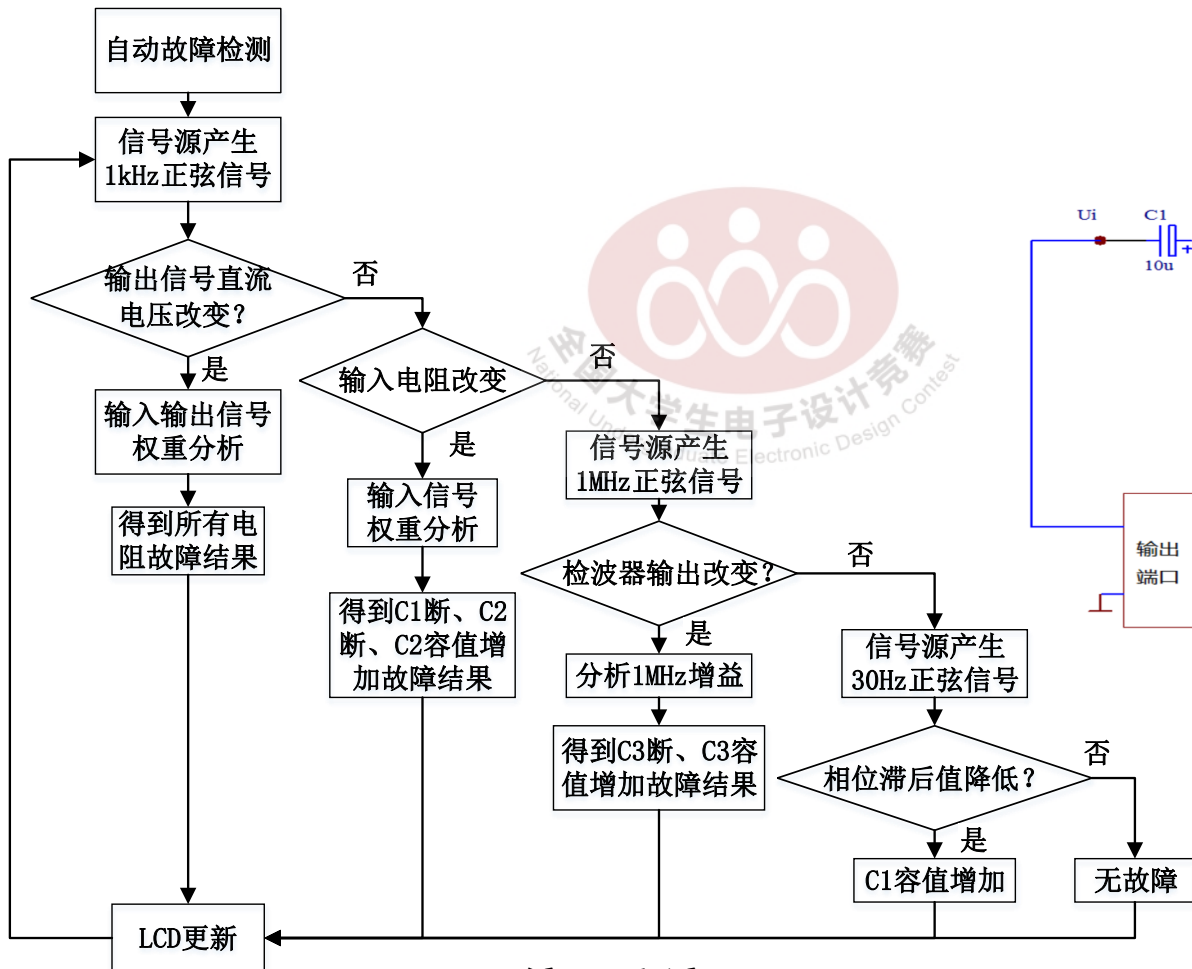


题目仿真电路

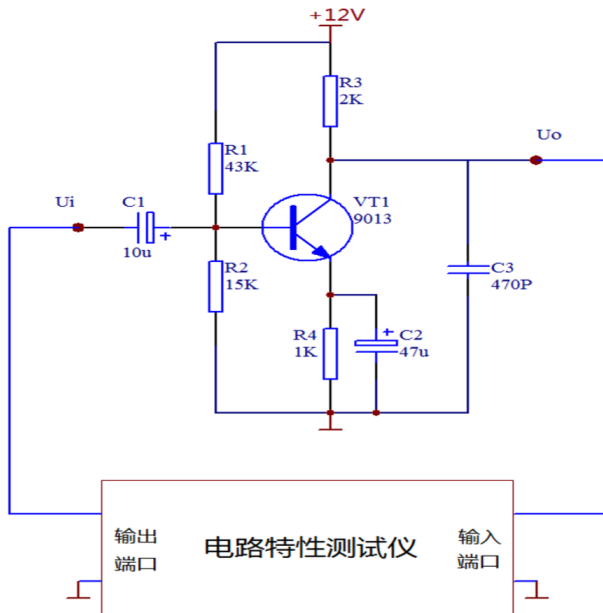
- **程序核心：**快速傅里叶变换（FFT），获取正弦信号的幅值和相位。
- **输入电阻测量：**ADC采样频率为20K，获取4000个点，根据公式计算。
- **输出电阻测量：**GPIO输出低电平，MOS关断，断开负载，采集输出信号；GPIO输出高电平，MOS开启，接通负载，采集输出信号；根据公式计算。
- **增益测量：**同时采集输入和输出信号，两者幅值相除得到增益。
- **幅频特性测量：**DDS点频，采集检波器输出，在LCD对应位置绘图。



- **电阻故障：**电阻故障均影响放大器输出信号的直流电压，而电容故障不会。
- **电容故障：**可能导致输入阻抗、输出阻抗、幅频特性和相频特性的变化。



系统程序流程图





赛前准备



作品方案



参赛感悟

- 赛前积累
- 系统工艺
- 电路仿真与验证
- 原版数据手册
- 数字信号处理算法
- ...

永不言弃!

细节决定成败!



大连→沈阳：宾馆练习综合测评



坐大巴：大连↔上海

➤ 收获知识

在实践中学习，理论知识得以应用和验证。提升自己的综合系统设计能力，学到非常有用的硬、软件知识，也提升自己快速查找知识与解决问题能力。

➤ 收获友情

铁杆队友，共同奋斗4天3夜。团队协作，分工明确，取长补短，互相包容。3名队友，2人成功保研，一人以优异的成绩开启大三生活。

➤ 收获经历

最难忘的暑假，住在实验室的日子，宝贵的人生财富。

- 衷心感谢老师三年来对我们的培养！
- 感谢大工和创院给我们提供完善的学习环境！
- 感谢竞赛组委会给我们提供这个锻炼的平台！
- 感谢组委会提供交流和展示的机会！
- 感谢德州仪器公司对我们大学生的大力支持！





感谢各位专家和老师!

TI杯2019全国大学生电子设计竞赛赛题解析与技 术交流研讨会

队员：张泽之、李论、郭竞文

指导教师：李胜铭 吴振宇

大连理工大学 创新创业学院

海纳百川、自强不息、厚德笃学、知行合一。