信号调制方式识别与参数估计装置

**摘要：**本设计实现了信号调制方式识别与参数估计装置，能够识别信号发生器输出的信号的调制方式、估计相关参数同时进行显示，并且还具备输出解调信号的功能。系统由主控制器STM32F407、前端信号放大电路、解调电路、整形电路、数字合成器模块（DDS）和显示屏组成。使用信号发生器输出调制信号，并按下装置启动键，信号分三路输入到解调电路，同时DDS输入本振信号，经过相干解调后，输出三路调制信号；再由主控的AD模块采集三路输出信号，从而判断调制方式，同时解算参数，最终通过串口屏显示识别和测量结果，并且用继电器控制输出波形。经过测试后，装置能够准确识别调幅信号（AM）、调频信号（FM）、连续波信号（CW）、二进制幅度键控（2ASK）、移相键控（2PSK）、移频键控（2FSK）共六种信号调制方式，并得出相关参数。

**关键词：**相干解调法；包络检波器；锁相放大 ；数字合成器

1. 系统方案
2. 比较与选择

1.1 幅度调制信号（AM/ASK）处理方案

方案一：正交解调方案。利用乘法器和锁相环，混频得到解调信号和镜像信号，经过低通滤波器后得到调制信号。

方案二：包络检波解调方案。利用二极管进行大信号峰值包络检波。

方案选择：方案一，需要进行平方和、开放等操作，运算量大，系统复杂；方案二，电路结构简单，计算量小，判别速度更快。综合考虑，使用方案二。

1.2 角度调制信号（FM/FSK/PSK）处理方案

方案一：正交解调方案。利用乘法器和锁相环，混频得到解调信号和镜像信号，经过低通滤波器后得到调制信号。

方案二：锁相环解调方案。利用乘法器和锁相环，混频得到解调信号和镜像信号，经过低通滤波器后得到调制信号。

方案选择：方案一，需要计算反正切，并且对正交信号的相位噪声敏感；方案二，利用锁相环调制跟踪状态的反馈调节，直接解调出调制信号，精度较高。综合考虑，使用方案二。

1.3 调制方式识别处理方案

方案一：基于人工神经网络（ANN）的调制方式识别。

方案二：通过AD采集输出三路信号，判断调制方式，并且用继电器选通。

方案选择：方案一，人工神经网络需要不断训练和学习，计算量大，占用计算资源且不利于信号的实时分析和解调；方案二，电路结构简单，且准确度较高。综合考虑，使用方案二。

1. 方案描述

系统框图如图1所示。系统采用STM32F4系列单片机为主控制器。信号输入通过前端放大之后，接入解调电路，通过包络检波器解调获得AM信号和ASK信号；让锁相环工作在调制跟踪状态，将调制信号输出锁相环、乘法器和滤波器进行相干解调。

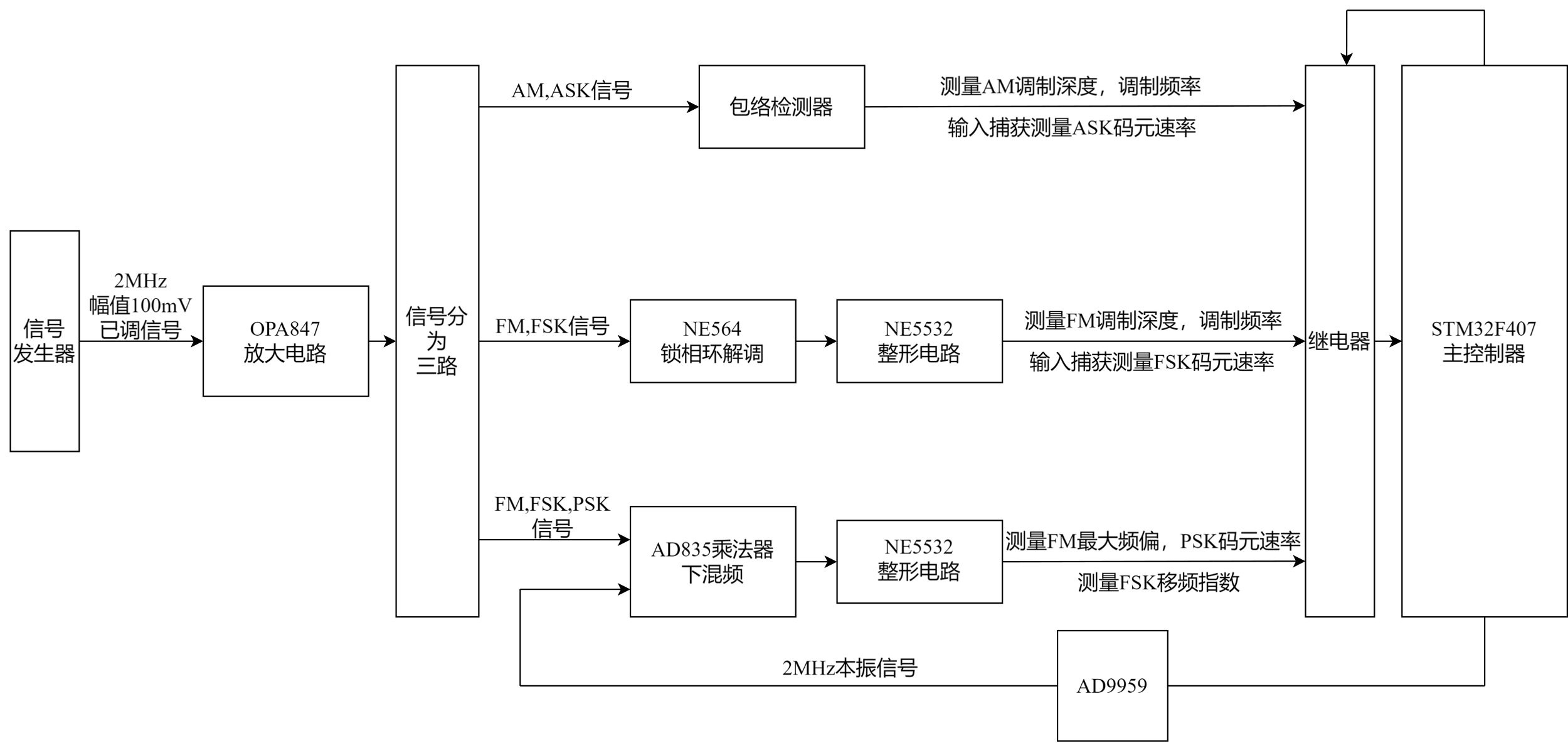


图 1 系统框图

1. 理论分析与计算
2. 峰峰值求解分析

根据离散傅里叶变换（DFT）理论，由于已知信号频率为1kHZ，将采集到的信号C分解到基波分量上，取模值即可得到特定频率上的功率谱值，从而去除直流分量，然后再通过幅度谱和功率谱的关系即可求解。

求解功率的表达式为：

式中SC、CC为信号C在正弦和余弦上的分量，P为信号1kHZ分量的功率。

再由功率谱与幅度谱的关系：

1. 相位差检测原理及分析

根据离散傅里叶变换（DFT）理论，由于正弦分量与余弦分量是正交的，上述两个计算结果SC与CC之比等于实际信号中频率为1kHZ的信号的初始相位φ的正切值。即可以通过下式计算初始相位：

1. 电路与程序设计
2. 输入电阻检测电路设计

通过在输入端串联已知阻值的标准电阻，再去测量出该电阻两端的电压值和，即可根据分压关系获取输入电阻：

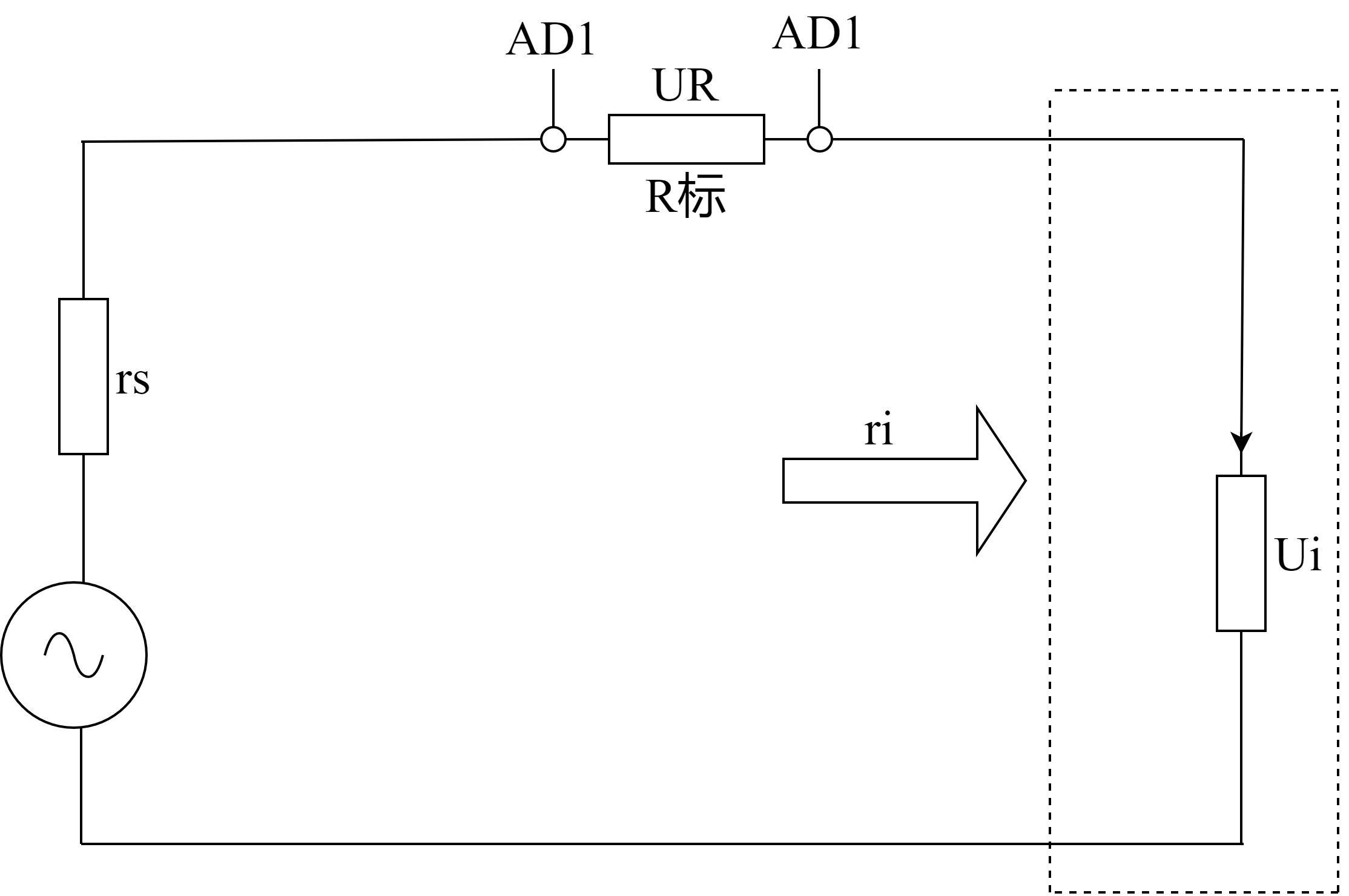


图 2 输入电阻检测电路

1. 输出电阻检测电路设计

输出电阻检测电路如图3所示。当并联上已知阻值的负载电阻时，输出信号的峰峰值为；当控制继电器开关打开时，再次测量得出信号的峰峰值为，根据公式即可求得输出电阻：

式中取值。

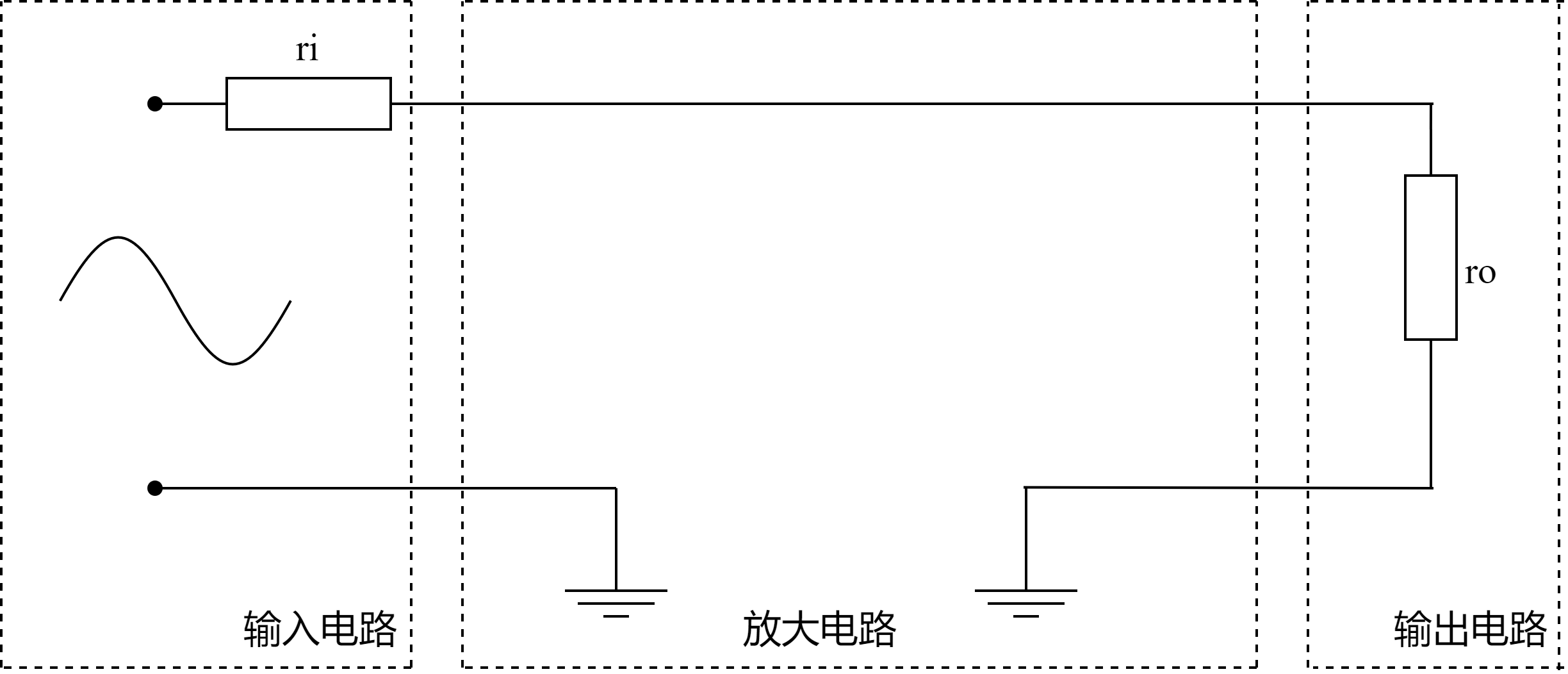


图 3 输出电阻检测电路

1. AD8688电压采集电路设计

AD8688电压采集电路如图4所示。板载ADR444提供4.096V基准源，在外部供电范围为2.7V~5.5V范围内时，该电路能正常工作。ADS8688可实现八通道同时采集电压，支持、、、输入范围，并且所有通道可独立配置输入范围和输入极性。该电路具有集成模拟前端的16位ADC，设计了1MΩ的恒定阻性输入阻抗，满足本装置的电压精度要求。



图 4 ADS8688电压采集电路

1. 软件程序设计

程序设计流程图如图5所示。在程序初始化后，实时监控LCD屏的按下情况。

当按下“参数测量”后，LCD屏工作状态显示为“正在检测”，系统进入放大器电路特性测试模式，通过主控制器STM32F407对ADC模块采集电路各点的电压信息，计算出当前接至装置的放大器的电路特性。当计算完成后，LCD屏工作状态显示为“结果保持”，并将结果显示在LCD屏上。

当按下“故障检测”后，LCD屏工作状态显示为“正在检测”，系统进入故障检测模式，通过主控制器STM32F407对ADC模块采集电路各点的电压信息，计算出当前电路的电路特性，并与正常放大器的电路特性进行比较，比较推断得出当前电路故障。在进行完测量后，LCD屏工作状态显示为“结果保持”，并显示出故障的类型。

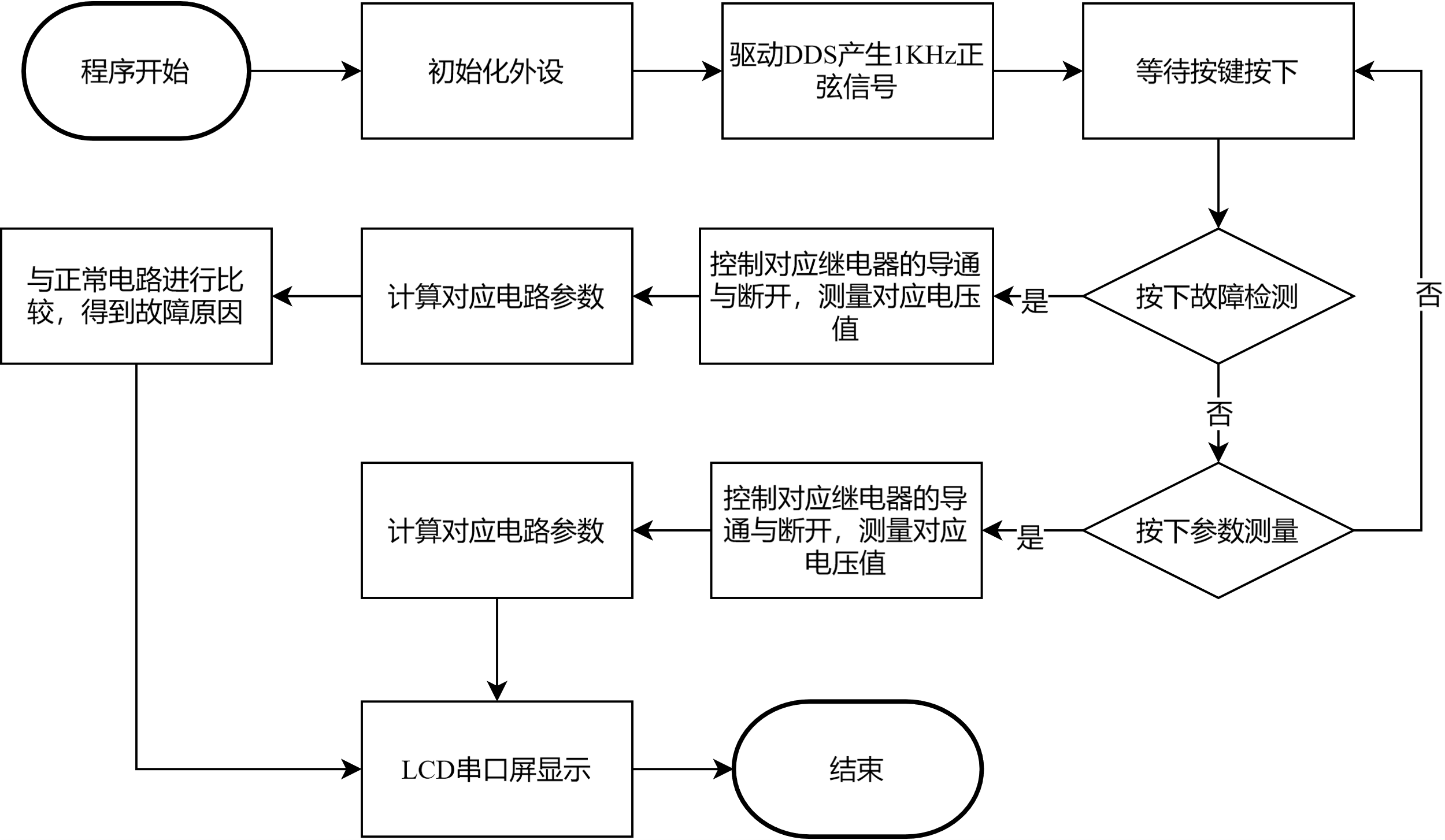


图 5 软件程序设计流程图

1. 测试方案与测试结果
2. 测试环境

示波器： GWINSTEK MDO-2204ES型数字示波器；

信号发生器： RIGOL DG1062型60M任意波形发生器；

电 源： RIGOL DP832型稳压源；

1. 测试方案

## 电路特性测试方案

接入放大器电路，观察装置测量完成时间，并读取检测结果，计算测量误差。

## 故障测试方案

接入放大器电路，并且认为给电路加上故障，并且按“故障检测”按键，开始检测。记录检测时间以及结果是否正确

1. 测试结果与数据

放大电路参数测试

表1 放大电路参数测试表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数名称/单位 | 实际值 | 测量值 | 误差 | 误差是否满足要求 |
| 输入阻抗/Ω | 2098.14 | 2079.44 | 0.89% | 能 |
| 输出阻抗/Ω | 756.36 | 762.12 | 0.76% | 能 |
| 1kHZ的增益/dB | 44.50 | 44.52 | 0.40% | 能 |
| 上限频率 | 135214 | 134500 | 0.53% | 能 |

幅频特性曲线

放大电路故障类型测试

表3故障测试表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 判断次数 | 判断故障类型 | 实际故障类型 | 是否判断正确 | 能否2s内完成测量 |
| 1 | R1开路 | R1开路 | 是 | 能 |
| 2 | R3开路 | R3开路 | 是 | 能 |
| 3 | R2短路 | R2短路 | 是 | 能 |
| 4 | R3短路 | R3短路 | 是 | 能 |
| 5 | C1开路 | C1开路 | 是 | 能 |
| 6 | C2开路 | C2开路 | 是 | 能 |
| 7 | C3开路 | C3开路 | 是 | 能 |
| 8 | 倍增C2 | 倍增C2 | 是 | 能 |
| 9 | 倍增C3 | 倍增C3 | 是 | 能 |

1. 测试结果分析

4.1 测试仪测试放大器参数的分析：由数据结果知，测量误差均小于1%，满足题目要求。误差主要来源于传输损耗与采样精度损失。

4.2

4.3 测试仪测试放大器故障原因的分析：由数据结果知，任意开路或短路R1~R4中的一个电阻，本装置均能够判断并显示故障原因；任意开路C1~C3中的一个电容，本装置均能够判断并显示故障原因；任意增大C1~C3中电容的容量，使其值达到原来的两倍，本装置均能够判断并显示故障原因。上述判断时间均小于2s，且均判断正确，满足题目要求。误差主要来自传输损耗。

1. 参考文献
2. 罗杰,谢自美.电子线路-设计·实验·测试(第五版),2015,电子工业出版社.
3. 康华光.电子技术基础(模拟部分)(第六版).2013,高等教育出版社.
4. [美]Bruce Carter.运算放大器权威指南(第四版)2014,人民邮电出版社.
5. 全国大学生电子设计竞赛组委会.第十一届全国大学生电子设计竞赛获奖作品选编,北京理工大学出版社.