

# 放大器非线性失真研究装置

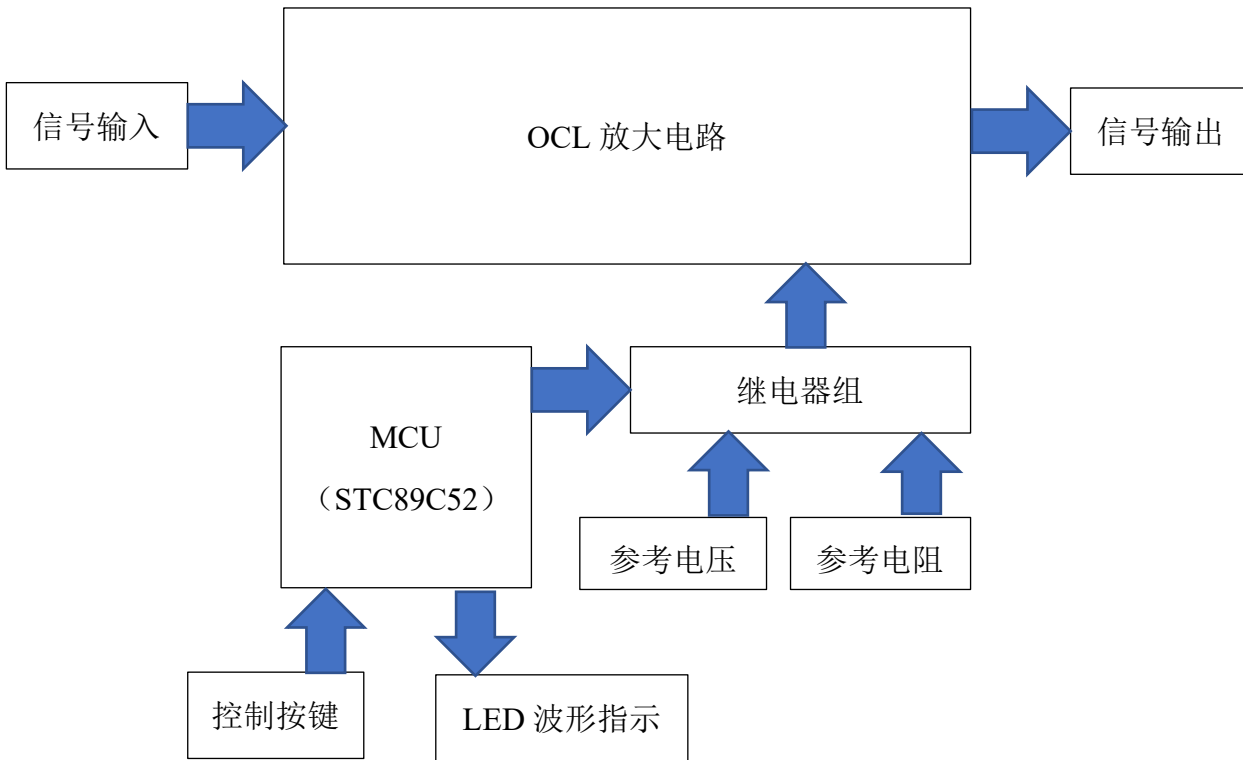
华侨大学工学院

物联网工程专业 2019 级 李昊唐 1995131017

**摘要** 本文详细介绍了本文设计并制作了一个放大器失真研究装置。其组成部分包括:负反馈 OCL 放大电路、失真调节模块、单片机控制电路。其中,核心电路负反馈 OCL 放大器由差分放大器,有源负载放大器及推挽输出级组成,仅靠单套放大器电路即可由单片机控制产生所需的无明显失真波形及四种失真波形。

测试结果表明,本系统已实现题目所有功能,放大器输出信号峰峰值均在 2V 以上,均超过题目要求。

**关键词** 负反馈 OCL 电路 非线性失真 8051MCU



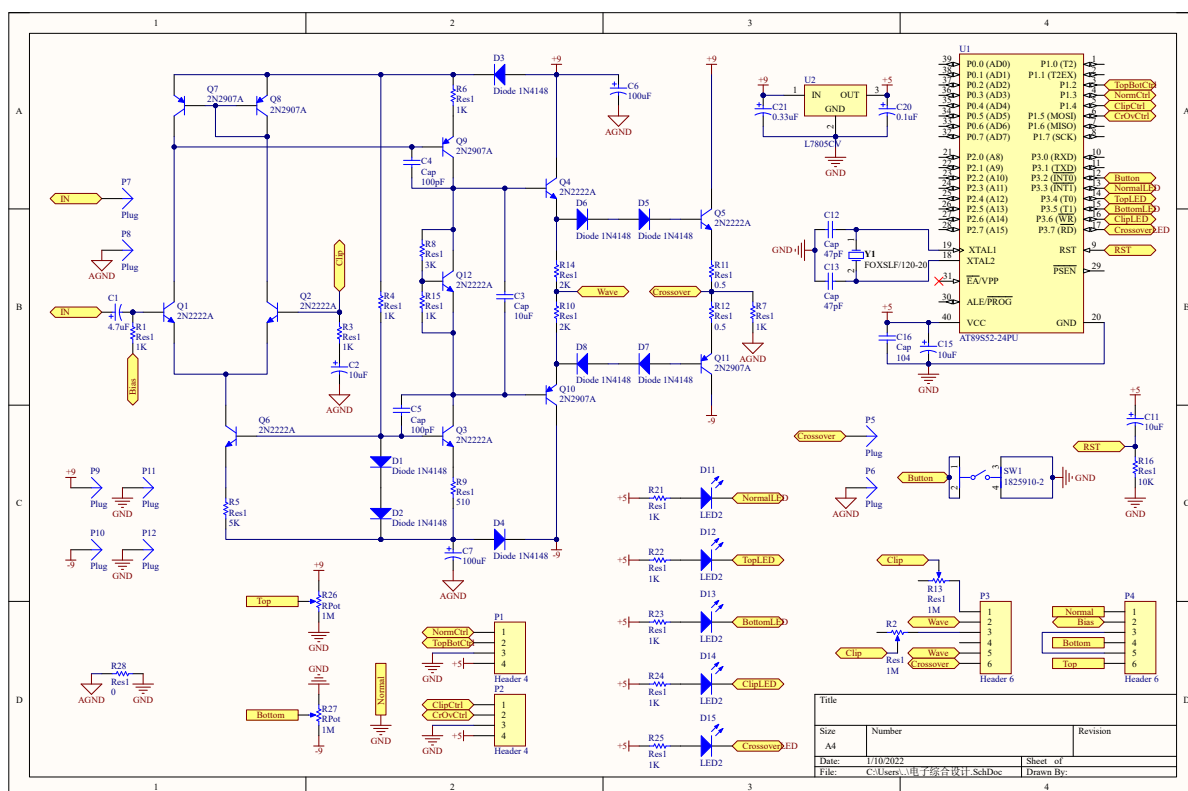
## 任务及要求

**任务：**设计并制作一个晶体管放大器非线性失真研究装置。

### 要求

外接信号源输出频率 1kHz、峰峰值 20mV 的正弦波作为晶体管放大器输入电压 $u_i$ ，要求输出无明显失真及四种失真波形 $u_o$ ，且 $u_o$ 的峰峰值不低于 2V。外接示波器测量晶体管放大器输出电压 $u_o$ 波形。

- (1) 放大器能够输出无明显失真的正弦电压 $u_o$ 。（15 分）
- (2) 放大器能够输出有“顶部失真”的电压 $u_o$ 。（10 分）
- (3) 放大器能够输出有“底部失真”的电压 $u_o$ 。（10 分）
- (4) 放大器能够输出有“双向失真”的电压 $u_o$ 。（10 分）
- (5) 放大器能够输出有“交越失真”的电压 $u_o$ 。（10 分）
- (6) 采用单个按键控制轮流输出以上五种波形并有相应的指示。（15 分）
- (6) 按格式要求撰写设计报告 （30 分）



# 1 系统方案设计论证

## 1.1 系统设计要求

见任务与要求。

## 1.2 总体方案设计与论证

采用负反馈 OCL 功率放大电路。该方案整体电路采用 OCL 电路，使用一组互补对称电路实现功率放大，省去了输出电容，使系统的低频响应更加平滑，频率特性好且效率更高。OCL 电路拓扑采用双电源供电，与其他双电源电路兼容性好。且 OCL 电路存在深度负反馈，整体电路稳定易调。

单套放大器实现多种失真状态可调在同套放大器中通过改变反馈电阻、输入信号直流电平等方法，使同一个电路在单片机控制下产生各类失真。该方案电路规模小、集成度高、调试工作量小，失真状态连续可调，失真方法直观，且与现实失真原因相符，具有实际工程意义。

系统框图见首页。

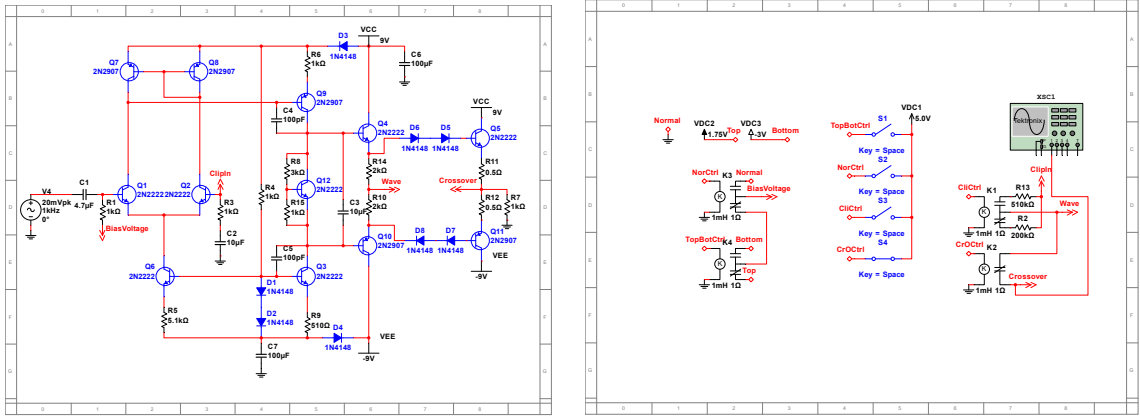
# 2 电路设计

## 2.1 无失真放大器电路设计

本系统整体电路分为 OCL 功放模块，继电器开关模块与单片机最小系统电路。

系统电路总体设计图如上页图。

本系统使用 OCL 电路作为放大电路。该电路分为差分电路，前级驱动电路，功率放大电路三部分。具体内容如下。



## 2.2 “顶部失真”放大器电路设计

调节 **BiasVoltage** 的值至 1.75V 左右，使静态工作点升高，产生顶部失真。

## 2.3 “底部失真”放大器电路设计

调节 **BiasVoltage** 的值至-3V 左右，使静态工作点降低，产生底部失真。

## 2.4 “双向失真”放大器电路设计

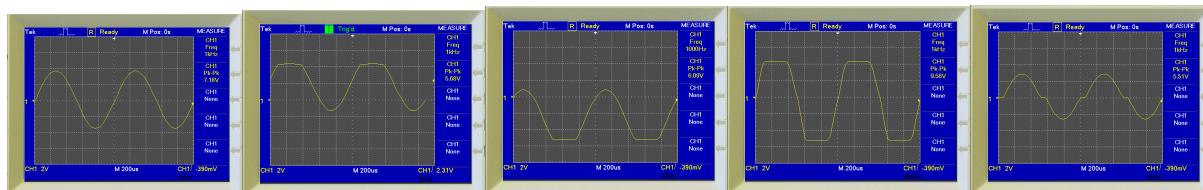
升高 ClipIn 处电阻，使此处信号电压的分压增大，是上半周信号通过的三极管达到饱和状态，下半周信号通过的三极管达到截止状态，产生双向失真。

## 2.4 “交越失真”放大器电路设计

在放大器的最后一级连接一个不带补偿的推挽输出电路产生交越失真，控制 Wave 和 Crossover 间的导通状态产生正常或交越失真波形。

## 3 电路仿真

### 3.1 无失真放大器电路仿真与结果分析



### 3.2 “顶部失真”放大器电路仿真与结果分析

顶部失真又称截止失真，是由于 Q 点过低，输入信号负半周靠近峰值，导致集电极动态电流产生底部失真，从而导致输出波形产生顶部失真。

### 3.3 “底部失真”放大器电路仿真与结果分析

底部失真又称饱和失真，是由于 Q 点过高，输入信号正半周靠近峰值，导致集电极动态电流产生顶部失真，从而导致输出波形产生底部失真。

### 3.4 “双向失真”放大器电路仿真与结果分析

双向失真是由于输出信号过大，导致输出波形出现削底削顶现象。

### 3.5 “交越失真”放大器电路仿真与结果分析

在测试不带补偿电路的推挽放大器时，观察到波形在越过零点时产生畸变。畸变程度大小由三极管开启电压决定。在三极管基级正向串联二极管以使实验结果更明显。

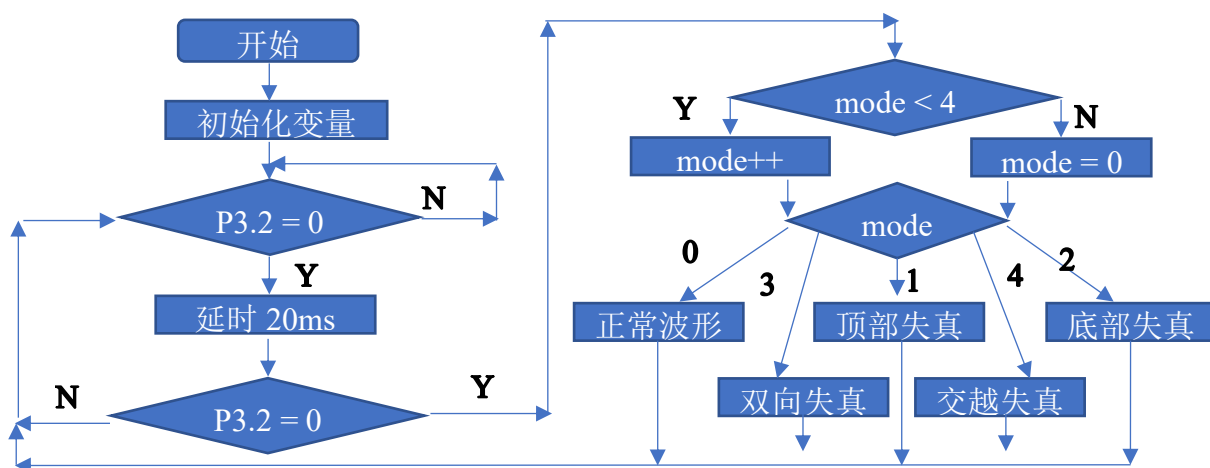
## 4 程序设计

### 4.1 主程序设计

单片机上电后，初始化变量 mode 为 0 用于切换继电器组工作模式。按键连接在 P3.2 口，端口寄存器初始化为高电平。主程序循环判断该接口电平，当端口持续为低电平 20ms 后，如果变量 mode 小于 4 时，mode 自加一，当 mode 为 4 时，mode 被赋 0。对 mode 进行判断，当值为 0 时为正常波形，1 为顶部失真，2 为底部失真，3 为交越失真，4 为双向失真。

### 4.2 子程序设计

使用 STC-ISP 生成 20ms 软件延时子程序。



## 5 测试方案与测试结果

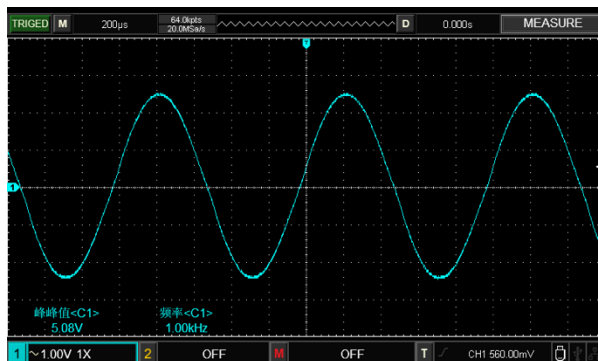
### 5.1 测试条件与仪器

正电压+8V，负电压-6V，输入幅值 10mV，1kHz 正弦波。

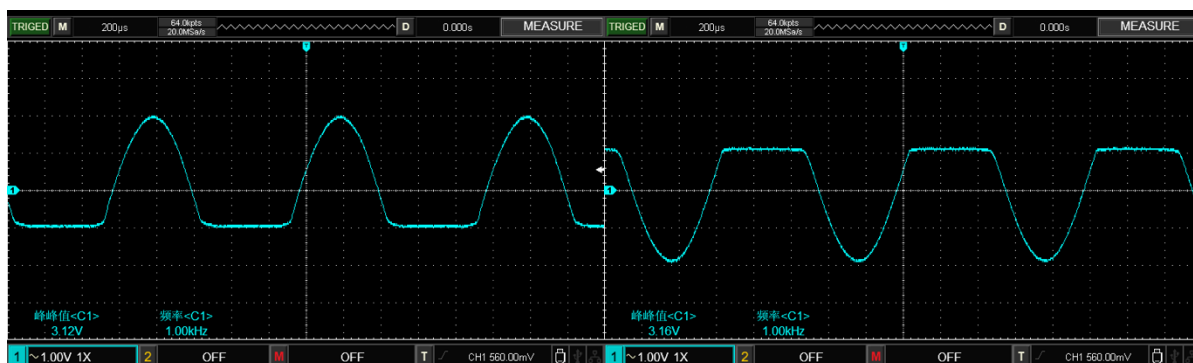
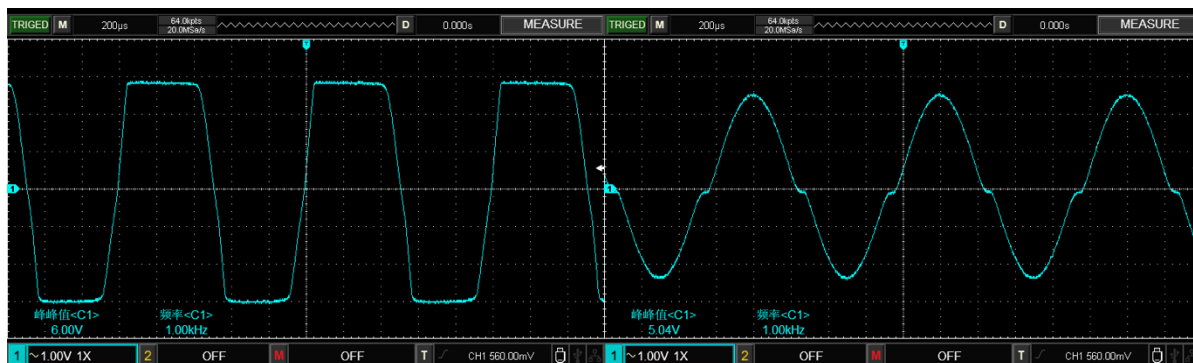
### 5.2 测试方案

接通电源，待出现正常波形后按动按钮切换波形并记录结果。

### 5.3 测试结果及分析



正常波形	5.08V
顶部失真	3.16V
底部失真	3.12V
双向失真	6.00V
交越失真	5.04V



由于实际制作时发现在 $\pm 9V$ 下双向失真无法通过调节差分放大电路的负载电阻大小实现正常输出，故选择降低工作电压；在 $\pm 6V$ 下时发现正常波形的直流工作点会发生偏移，但在设计时未预留调节电阻，故将电压调节至 $+8V$ 、 $-6V$ 时能获得较好的效果。

## 结 论

本文以 STC89C52RC 单片机为控制核心，设计并制作了一个放大器非线性失真研究装置。经过最终的级联和调试，测试结果表明，系统测得的各失真波形的峰峰值均大于题目所要求的 2V。同时，LED 显示波形类型、按键交互友好。