

2020 年 TI 杯大学生电子设计竞赛

E 题：放大器非线性失真研究装置

1. 任务

设计并制作一个放大器非线性失真研究装置，其组成如图1所示，图中的 K_1 和 K_2 为 1×2 切换开关，晶体管放大器只允许有一个输入端口和一个输出端口。

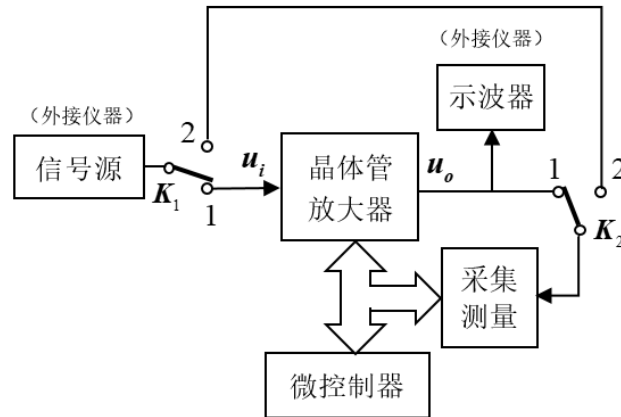


图 1 放大器非线性失真研究装置组成框图

2. 要求

K_1 和 K_2 均投到各自的“1”端子，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 。 (10 分)
- (2) 放大器能够输出有“顶部失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (3) 放大器能够输出有“底部失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (4) 放大器能够输出有“双向失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (5) 放大器能够输出有“交越失真”的电压 u_o 。 (15 分)
- (6) 分别测量并显示上述五种输出电压 u_o 的“总谐波失真”近似值 (20 分)
- (7) 其他 (10 分)
- (8) 设计报告 (20 分)

项 目	主要内容	满分
方案论证	比较与选择，方案描述。	3
理论分析与计算	系统相关参数设计	5
电路与程序设计	系统组成，原理框图与各部分电路图，系统软件与流程图。	5

测试方案与测试结果	测试结果完整性，测试结果分析。	5
设计报告结构及规范性	摘要，正文结构规范，图表的完整与准确性。	2
总分		20

3. 说明

(1) 限用晶体管、阻容元件、模拟开关等元器件设计并实现图1中的受控晶体管放大器，其输出的各种失真或无明显失真的信号必须出自该晶体管放大电路，禁用预存失真波形数据进行D/A转换等方式输出各种失真信号。

(2) 在设计报告中，应结合电路设计方案阐述出现各种失真的原因。

(3) 无明显失真及四种具有非线性失真电压 u_o 的示意波形如图2所示：

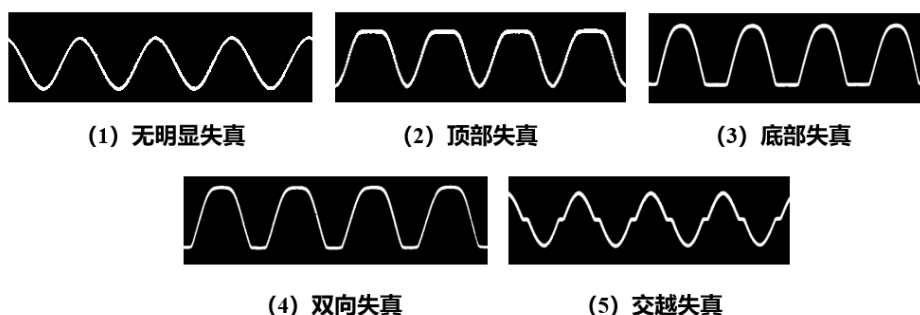


图2 无明显失真及四种具有非线性失真的 u_o 示意波形

(4) 总谐波失真定义：

线性放大器输入为正弦信号时，其非线性失真表现为输出信号中出现谐波分量，常用总谐波失真 (THD: total harmonic distortion) 衡量线性放大器的非线性失真程度。

THD定义：若线性放大器输入电压 $u_i = U_i \cos \omega t$ ，其含有非线性失真的输出交流电压为 $u_o = U_{o1} \cos(\omega t + \varphi_1) + U_{o2} \cos(2\omega t + \varphi_2) + U_{o3} \cos(3\omega t + \varphi_3) + \dots + U_{on} \cos(n\omega t + \varphi_n)$ ，则有：

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{U_{o2}^2 + U_{o3}^2 + U_{o4}^2 + \dots + U_{on}^2}}{U_{o1}} \times 100\%$$

在完成设计要求的第 (6) 项时，谐波取到五次即可，即

$$\text{THD} \approx \frac{\sqrt{U_{o2}^2 + U_{o3}^2 + U_{o4}^2 + U_{o5}^2}}{U_{o1}} \times 100\%$$

(5) 对THD自动测量期间，不得有任何人工干预。

(6) K_1 和 K_2 的“2”端子用于作品测试。