

# 实验报告

课程名称: 模拟电子技术实验 实验名称: 实验四: 带负反馈的两极交流电压放大电路  
专业-班级: 自动化7班 学号: 220320726 姓名: 彭尚品  
实验日期: 2024年5月29日 评分: \_\_\_\_\_

教师评语:

助教签字: \_\_\_\_\_

教师签字: \_\_\_\_\_

日期: \_\_\_\_\_

# 实验预习

## 实验预习和实验过程原始数据记录

预习结果审核：\_\_\_\_\_原始数据审核：\_\_\_\_\_

(包括预习时，计算的理论数据)

**注意：所有的波形都必须拍照保存，用于课堂检查和课后分析。**

表 4-2 静态工作点电压测试

测量项目	$V_{E1}$	$V_{C1}$	$V_{B2}$	$V_{E2}$	$V_{C2}$
测量数据	4.6447V	6.955V	4.4723V	3.8277V	7.510V

表 4-3 有无反馈的放大电路的测试表格

测量电路	测量项目				计算项目			
	$U_i$	$U_o$ (不接 $R_L$ )	$U'_o$ (接 $R_L$ )	$U_s$ (接 $R_s$ )	$A_u$ (不接 $R_L$ )	$A'_u$ (接 $R_L$ )	$r_i$	$r_o$
基本放大电路(无反馈)	15mV	1.9550V	1.6543V	0.0272V	130.33	110.29	577.	0.36
	$f=1\text{kHz}$						86 $\Omega$	35k $\Omega$
反馈放大电路(AB 连接)	$U_i$	$U_{of}$ (不接 $R_L$ )	$U'_{of}$ (接 $R_L$ )	$U_{sf}$ (接 $R_s$ )	$A_{uf}$ (不接 $R_L$ )	$A'_{uf}$ (接 $R_L$ )	$r_{if}$	$r_{of}$
	15mV $f=1\text{kHz}$	0.6502V	0.6177V	0.0766V	43.35	41.18	114.4 5 $\Omega$	0.10 52k $\Omega$

表 4-4 有无反馈的放大电路的通频带性能测试表格

测量电路	测量项目				计算项目	
	$U_i$ (参考) 有效值	$U_i$ (参考) 频率	$U_i$ (实际) 有效值	$U_i$ (实际) 频率	$U_o$ (不接 $R_L$ )	$A_u$ (不接 $R_L$ )
基本放大电路(无反馈)	15mV	$f_i=300\text{ Hz}$	14.765mV	300.8Hz	0.6505	44.057
	15mV	$f_L=500\text{ Hz}$	14.744mV	545.2Hz	1.2491	84.719
	15mV	$f_2=2\text{ kHz}$	14.585mV	2.013kHz	1.7673	121.172
	15mV	$f_H=8\text{ kHz}$	14.764mV	9.170kHz	1.2437	84.239
	15mV	$f_3=15\text{ kHz}$	14.679mV	15.02kHz	0.9201	62.681
反馈放大电路(AB 连接)	$U_i$ (参考) 有效值	$U_i$ (参考) 频率	$U_i$ (实际) 有效值	$U_i$ (实际) 频率	$U_{of}$ (不接 $R_L$ )	$A_{uf}$ (不接 $R_L$ )
	15mV	$f_i=200\text{ Hz}$	14.885	201.2Hz	0.2553	17.151
	15mV	$f_L=300\text{ Hz}$	14.739	301.7Hz	0.4839	32.831
	15mV	$f_2=3.2\text{ kHz}$	14.783	3.198kHz	0.6842	46.283
	15mV	$f_H=26\text{ kHz}$	14.790	23.6k	0.4836	32.698
15mV	$f_3=40\text{ kHz}$	14.960	40.32k	0.3509	23.456	

## 一、实验目的

- 1、加深理解反馈放大电路的工作原理及负反馈对放大电路性能的影响。
- 2、掌握电压串联负反馈的组成及方法，能够理论结合实验结果分析引入负反馈后对于放大电路各项性能指标的影响。
- 3、学习反馈放大电路性能测试方法。

## 二、实验设备及元器件

表 4-1 实验仪器与器件列表

	名称	数量	型号
1	直流稳压电源	1 台	DP832A
2	手持万用表	1 台	Fluke287C
3	信号发生器	1 台	Tek AFG1062 或 DG4062
4	示波器	1 台	Tek MSO2012B
5	电阻	1 只	2k $\Omega$ ×1
6	反馈放大电路模块	1 块	15004002
7	短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
8	实验用 9 孔插件方板	1 块	300mm×298mm

## 三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

### 1、两级电压放大电路的电压放大倍数 $A_u$

对于两级电压放大电路，习惯上规定第一级是从信号源到第二个晶体管  $T_2$  的基极，第二级是从第二个晶体管  $T_2$  的基极到负载，这样两级放大器的总的电压放大倍数  $A_u$  为单级电压放大倍数的乘积，由结论可推广到多级放大器。在两级放大器中， $\beta$  和  $I_E$  的提高，必须全面考虑，是前后级相互影响的关系。对两级电路参数相同的放大器，其单级通频带相同，而总的通频带将变窄。

### 2、带负反馈的两级阻容耦合电压放大电路

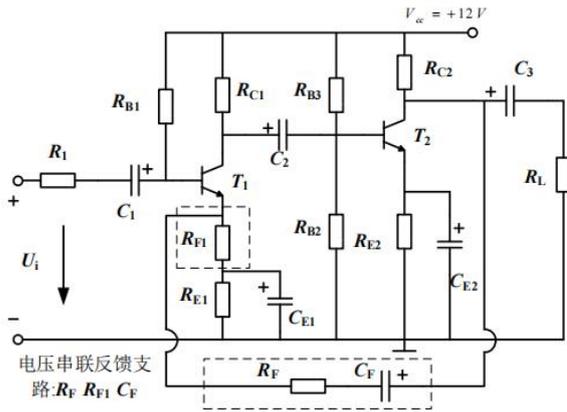
通常放大电路的输入信号都是很微弱的，一般为毫伏或微伏数量级。为了推动负载工作，因此要求把几个单级放大电路连接起来，使信号逐级得到放大。因此构成多级放大电路。级间的连接方式叫耦合，如耦合电路是采用电阻、电容耦合的叫阻容耦合放大电路。本试验采用的就是两级阻容耦合放大电路，如图 4-1 所示。其中两级之间是通过耦合电容  $C_2$  及偏置电阻连接，由于电容隔直作用，所以两级放大电路的静态工作点可以单独调试测定。两级阻容耦合放大电路的电压放大倍数： $A_u=A_{u1} * A_{u2}$

从表面看，通过对多个单级放大电路的适当级联，可以实现任意倍数的放大。似乎放大电路已经没有什么可以研究的了。但是，问题并不是这么简单。首先静态工作点与放大倍数是互相影响的，其次，放大倍数与输出电阻也可能互相影响，第三，输入电阻与放大倍数也可能互相影响。

图 4-2 为电压串联负反馈的两级阻容耦合电压放大电路，在电路中引入负反馈，可以解决上面的问题。

负反馈对放大电路性能主要有五个方面的影响：

- ①降低放大倍数
- ②提高放大倍数的稳定性
- ③改善波形失真
- ④展宽通频带
- ⑤对放大电路的输入电阻和输出电阻的影响



## 四、实验过程

（叙述具体实验过程的步骤和方法，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验数据见表 1-\*”）

### 1. 按原理图接线

按照电路原理图选用“15004002 反馈放大电路”模块，熟悉元件安装位置后，开始接线：一根连接直流电源输出的+12V 和电路图中的+12V 端；一根连接稳压电源负端和电路图中的 0V 端；线路经检查无误后，方可闭合电源开关。

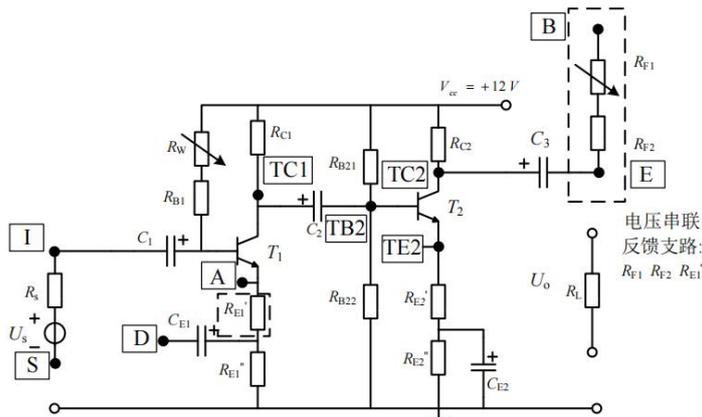


图 4-3 带电压串联负反馈的两级阻容耦合放大电路实验图

### 2. 测定静态工作点

将电路 D 端接地，AB 之间不连线（即无负反馈的情况）， $R_W$  调到中间合适位置。输入

端 (I 与 D 之间为  $U_i$ ) 接入信号源, 令  $U_i=15\text{mV}$  有效值,  $f=1\text{kHz}$ , 调  $R_w$  使输出电压  $U_o$  为最大不失真, (示波器测量输入波形、输出电压波形时, 使用 AC 耦合,  $U_o$  尽量最大不失真), 然后, 撤出信号源, 输入端 (I) 接地, 用万用表测量下表 4-2 中各直流电位(对地):

### 3. 测量放大电路的性能

将 D 端接地, AB 不连接 (即无负反馈的情况)。

(1) 测量基本放大电路的放大倍数  $A_u$ 。

令  $U_i=15\text{mV}$ ,  $f=1\text{kHz}$  不接  $R_L$ , 用万用表/示波器测量  $U_o$  有效值记入表 4-3, 并用公式  $A_u=U_o/U_i$  求取电压放大倍数  $A_u$ 。

(2) 测量基本放大电路的输出电阻  $r_o$ 。

仍令  $U_i=15\text{mV}$ ,  $f=1\text{kHz}$ , 接入负载电阻  $R_L=2\text{k}\Omega$ , 测输出电压  $U_o'$  并记入表 4-3

(3) 观察负反馈对波形失真的改善

拆下负载电阻  $R_L$ , 当 AB 不连线时, 令  $U_i$  值增大, 从示波器上看输出电压的波形失真; 而当 AB 连线时,  $R_{F1}$  调到中间位置, 在同样大的  $U_i$  值下, 波形则不失真。

(4) 测量基本放大电路的输入电阻  $r_i$

断开 AB 联系, 在电路的输入端接入  $R_S=470\Omega$  (电阻已在模块内部, 无需外接), 把信号发生器的两端接在  $U_S$  两端 (图中 S 与 0V 之间), 加大信号源电压, 使放大电路的输入信号仍为  $15\text{mV}$  (即 I 与 D 之间为  $U_i=15\text{mV}$ ), 测量此时信号源电压  $U_S$ , 并记录表 4-3

### 4. 测定反馈放大电路的性能

将 AB 连线, 即有反馈放大电路。

(1) 测量反馈放大电路的放大倍数  $A_{uf}$

与上同, 令  $U_i=15\text{mV}$ ,  $f=1\text{kHz}$ , 不接  $R_L$ , 测量  $U_{of}$ , 并记入表 4-3 中, 并用公式  $A_{uf} = U_{of}/U_i$  可求取电压放大倍数  $A_{uf}$ 。

(2) 测量反馈放大电路输出电阻  $r_{of}$

仍令  $U_i=15\text{mV}$ ,  $f=1\text{kHz}$ , 接入  $R_L=2\text{k}\Omega$ , 用万用表测量输出电压  $U_{of}'$  记入表 4-3 中, 并用公式  $r_{of} = (U_{of}/U_{of}' - 1)R_L$  来计算  $r_{of}$ , 用  $A'_{uf} = U_{of}'/U_i$  求取  $A'_{uf}$ 。

(3) 测量反馈放大电路输入电阻  $r_{if}$

与上同, 在电路输入端接入  $R_S=470\Omega$ , 把信号发生器的两端接在  $U_S$  两端, 加大信号源电压, 使放大电路的输入信号仍为  $15\text{mV}$ , 测量此时信号源电压  $U_{Sf}$ , 并记入表 4-3。

### 5. 比较无反馈和有反馈放大电路的通频带性能

(1) 将 D 端接地, AB 不连接 (即无负反馈的情况)。

(2) 测量不同频率下无反馈放大电路的放大倍数  $A_u$ 。

(3) 令  $U_i=15\text{mV}$  (I 与 D 之间), 调节频率, 确定通频带及 5 个特征频率点 (包括下限截止频率  $f_L$ , 上限截止频率  $f_H$ , 以及低频段、中频段、高频段中的频率点各一个), 表 4-4 给出了相应频率的参考值, 在表 4-4 记录下输入信号的实际频率和有效值大小, 不接  $R_L$ , 用万用表/示波器测量 5 个频率下  $U_o$  有效值记入表 4-4, 并用公式  $A_u=U_o/U_i$  求取电压放大倍数  $A_u$ 。

(4) 将 AB 连线,  $R_{F1}$  调到中间位置, 即有反馈放大电路。

(5) 测量不同频率下反馈放大电路的放大倍数  $A_u$ 。

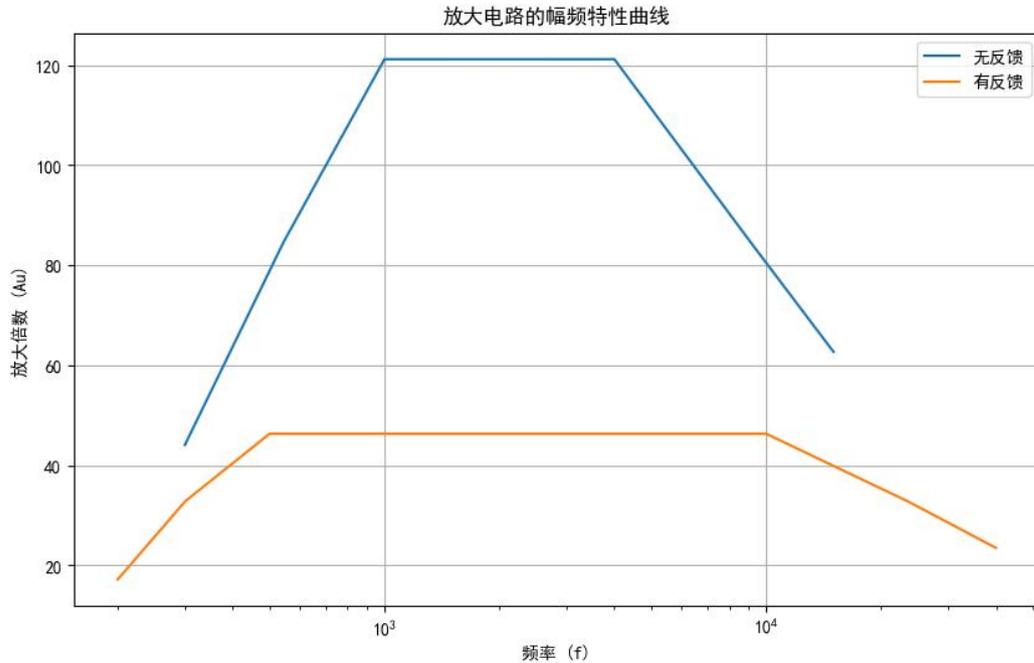
(6) 与上同, 令  $U_i=15\text{mV}$ , 重复步骤 (2), 不接  $R_L$ , 测量  $U_{of}$ , 并记入表 4-4 中, 并用公式  $A_{uf} = U_{of}/U_i$  可求取电压放大倍数  $A_{uf}$ 。

(7) 根据表 4-4 数据, 画出无反馈和有反馈放大电路的幅频特性曲线 (Y 轴放大倍数  $A_u$ , X 轴频率  $f$ )。

## 五、实验数据分析

(按指导书中实验报告的要求用图表或曲线对实验数据进行分析和处理,并对实验结果做出判断,如需绘制曲线可以用软件)

1、根据表 4-4 数据,画出无反馈和有反馈放大电路的幅频特性曲线 (Y 轴放大倍数  $A_u$ , X 轴频率  $f$ )



## 六、问题思考

(回答指导书中的思考题)

1. 总结电压串联负反馈对放大电路性能的影响,包括输入电阻,输出电阻,放大倍数及波形失真的改善等

答: 电压串联负反馈会增大输入电阻  $R_{if}=(1+AF)R_i$

减小输出电阻  $R_{of}=R_o/(1+AF)$

减小放大倍数  $A_f=A/(1+AF)$

改善波形失真

2. 如果测量时发现放大倍数  $A_u$  远小于设计值,可能是什么原因造成的?

答: 放大倍数  $A_u$  远小于设计值可能有以下几种原因:

1、使用的晶体管 9013 的  $\beta$  值与设计值差异较大。耦合电容 ( $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ ) 或旁路电容 ( $CE_1$ 、 $CE_2$ ) 容量偏差。使用的电阻值与设计值不符。

2、某些元件未正确连接,导致电路不能正常工作。接线或焊点接触不良,导致电流无法正常流通。

3、供电电压 (+12V) 不稳定或不足。电源噪声较大影响放大器性能。

3. 测量放大电路输入电阻时，若串联电阻的阻值  $R_s$  比其输入电阻的值大很多或小很多，对测量结果有何影响？

答：

1、 $R_s$  远大于输入电阻  $r_i$ ：这种情况下，大部分信号电压会降落在  $R_s$  上，而不是输入电阻  $r_i$  上。测量得到的  $U_s$  主要是  $R_s$  上的电压降，会导致计算出的输入电阻  $r_i$  偏低。

2、 $R_s$  远小于输入电阻  $r_i$ ：在这种情况下，输入电阻  $r_i$  上的电压降会远大于  $R_s$  上的电压降，导致  $U_s$  接近于  $U_i$ 。这会使  $U_s - U_i$  非常接近零，从而引入较大误差。

## 七、实验体会与建议

不错