



| 计分项目 | 报告分数 | 课堂表现 | 总分 |
|------|------|------|-----|
| 分值 | 70 | 30 | 100 |
| 得分 | 70 | 30 | 100 |

姓名: 李佳谕 学号: 11912701 班级: 2班 实验日期: 12.17

负反馈放大电路研究

1. 实验目的

- 掌握负反馈放大器性能指标的调节和测试方法;
- 加深负反馈对放大器放大特性影响的理解。

2. 实验原理

负反馈放大电路由主网络(即无反馈的放大器)和反馈网络组成。反馈网络的作用是把输出信号(电压或电流)的全部或一部分反馈到信号的输入端。如果反馈信号削弱了原输入信号,则为负反馈。负反馈的引入影响了放大电路的性能,它降低了放大倍数,提高了放大电路的稳定性,改变了输入和输出阻抗,展宽了通频带,改善了输出波形。

观察放大器输出回路,若反馈网络从输出端引出,反馈信号正比于输出电压,则为电压负反馈,它能降低输出电阻。若反馈网络不从输出端引出,反馈信号正比于输出电流,而与输出电压无关,则为电流负反馈,它提高了输出电阻。观察放大器输入回路,若反馈网络直接并联在输入端,则为并联负反馈(它能降低输入电阻)。否则,为串联负反馈(它能提高输入电阻)。负反馈分为电压串联反馈、电压并联反馈、电流串联反馈和电流并联反馈。

本实验研究电压串联负反馈,如图1所示,放大器由于引入了电压串联负反馈,故输入电阻增加,输出电阻减小。

图1中T1、T2组成两级电压放大器,并以RC方式耦合。在电路中通过 R_f 把输出电压 V_o 引回到输入端,加在晶体管T1的发射极上,在发射极电阻 R_{F1} 上形成反馈电压 V_f 。类似于晶体管放大电路,负反馈放大电路也是应用晶体管的



电流放大作用来放大信号，由于两次反相，所以输出电压与输入电压同相， R_f 、

C_f 支路引入交流电压串联负反馈，用于改善放大器的性能。

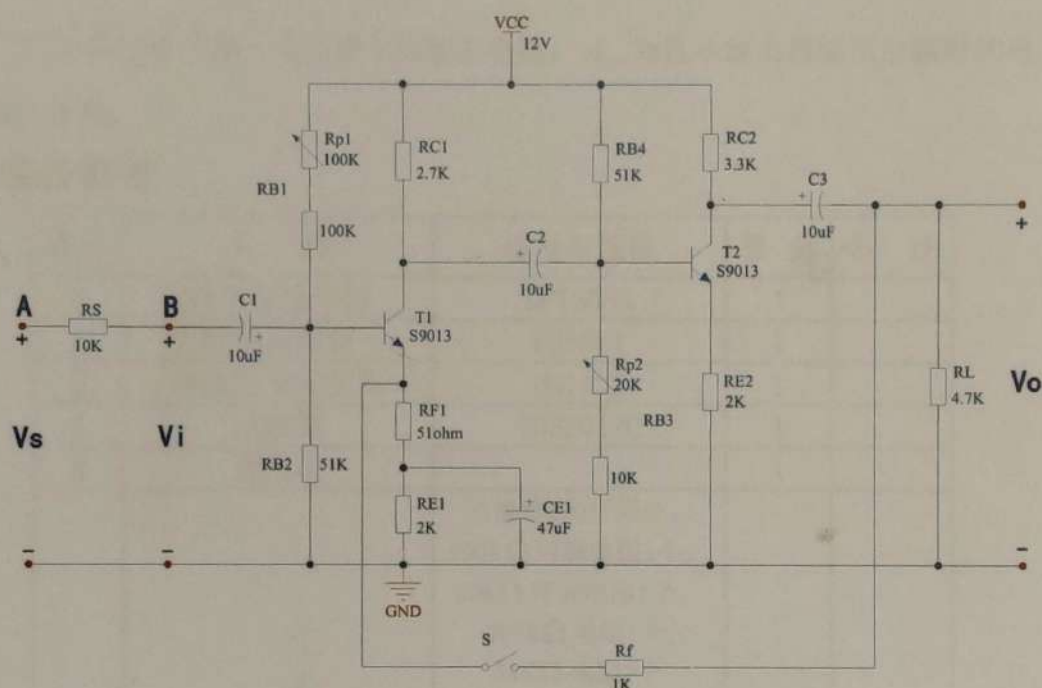


图 1. 负反馈放大电路

主要性能指标

1) 闭环电压放大倍数

$$A_{vf} = \frac{A_v}{1 + A_v F_v}$$

式中 $A_v = V_o / V_i$ 为基本放大器（无反馈）的电压放大倍数，即开环电压放大倍数；

$1 + A_v F_v$ 为反馈深度，它的大小决定了负反馈对放大器性能改善的程度。

2) 反馈系数

$$F_v = \frac{R_{F1}}{R_{F1} + R_f}$$

3) 输入电阻

$$R_{if} = (1 + A_v F_v) R_i$$

式中 R_i 为基本放大器（无反馈）的输入电阻。



4) 输出电阻

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A_{vo}F_v}$$

式中 R_o 为基本放大器（无反馈）的输出电阻； A_{vo} 为基本放大器输出空载时的电压放大倍数。

3. 实验器材

| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数 量 | 备 注 |
|----|-----------|---|-----|-----|
| 1 | 直流稳压电源 | DP1308A | 1 | |
| 2 | 数字万用表 | DM3051 | 1 | |
| 3 | 函数信号发生器 | DG1022 | 1 | |
| 4 | 示波器 | TDS2012C | 1 | |
| 5 | 面包板 | | 1 | |
| 6 | 电阻、电容、三极管 | 三极管S9013两个, 100K Ω 可调电阻1个, 20K Ω 可调电阻1个, 100K Ω 电阻1个, 51K Ω 电阻2个 10k Ω 电阻2个, 4.7k Ω 电阻1个, 3.3k Ω 电阻1个, 2.7k Ω 电阻1个, 2k Ω 电阻2个, 1k Ω 电阻1个, 51 Ω 电阻1个, 47 μF 电解电容1个, 10 μF 电解电容3个 | 20 | |

4. 实验内容

1) 静态工作点的测量

按图 1 所示连接电路，开关 S 断开，使 $V_{CC} = 12V$ ， $V_i = 0$ （接地）。调节 R_{B1} 及 R_{B3} 使 $V_{C1} = 9V$ ， $V_{C2} = 9V$ 。用万用表直流电压档分别测出三极管 T1 和 T2 三个管脚对地的电压 V_{B1} 、 V_{C1} 、 V_{E1} 和 V_{B2} 、 V_{C2} 、 V_{E2} ，并计入表 1 中。



表 1. 静态工作点的调整与测量

| | V_B / V | V_C / V | V_E / V |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 三极管 T1 | 2.903 | 8.99 | 2.288 |
| 三极管 T2 | 2.302 | 9.087 | 1.686 |

2) 负反馈对电压放大倍数的影响

在输入端 B 点加入 $f = 10\text{kHz}$, $V_{ip-p} = 100\text{mV}$ (峰-峰值为 100 毫伏) 的正弦信号, 断开开关 S, 成为无反馈的基本放大器, 用示波器观察输出电压信号, 在保证输出信号不失真的条件下, 用万用表交流电压档测出输出信号的有效值, 计算电压放大倍数 (注意需要将输入的峰-峰值换算成有效值)。然后闭合开关 S, 得到电压串联负反馈放大电路, 在输入信号不变、输出信号不失真的情况下, 用万用表交流电压档测出输出信号的有效值, 并计算此时的电压放大倍数。将结果填入表 2 中。

表 2. 负反馈对电压放大倍数的影响

| | V_{ip-p} / mV | V_o / mV | A_v |
|-----|------------------------|-------------------|-------|
| 无反馈 | 100 | 945 | 26.73 |
| 有反馈 | 100 | 253 | 7.16 |

3) 负反馈对电路输入电阻的影响

在输入端串联 $R_s = 10\text{k}\Omega$ 的电阻, 断开开关 S, 成为无反馈的基本放大器, 加大输入信号 V_s 使 V_o 等于未加入 R_s 时的值 (表 2 中第一行的值), 记录下信号源 V_s 的峰峰值, 用万用表交流电压档测出此时输入端的信号 V_i 的值, 计算输入电阻 R_i 。然后闭合开关 S, 得到电压串联负反馈放大电路, 加大输入信号 V_s 使 V_o 等于未加入 R_s 时的值 (表 2 中第二行的值), 记录下信号源 V_s 的峰峰值, 用万用表交流电压档测出此时输入端的信号 V_i 的值, 计算输入电阻 R_i 。将结果填入表 3

中。(提示: $R_i = \frac{V_i}{V_s - V_i} R_s$)



表 3. 负反馈对输入电阻的影响

| | V_S / mV_{p-p} | V_i / mV | $R_i / k\Omega$ |
|-----|------------------|------------|-----------------|
| 无反馈 | 192.5 | 37.03 | 11.93 |
| 有反馈 | 170.7 | 35.76 | 14.54 |

4) 负反馈对电路输出电阻的影响

在输入端 B 点加入 $f = 10kHz$, $V_{ip-p} = 100mV$ (峰-峰值为 100 毫伏) 的正弦信号, 断开负载 R_L 的连接。

断开开关 S, 成为无反馈的基本放大器, 用万用表交流电压档测出输出信号的有效值 V_{oc} , 再在输出端恢复负载 $R_L = 4.7k\Omega$ 的连接, 测出此时输出电压有效值 V_{ol} , 并计算输出电阻 R_o 。

闭合开关 S, 得到电压串联负反馈放大电路, 用万用表交流电压档测出输出信号的有效值 V_{oc} , 再在输出端恢复负载 $R_L = 4.7k\Omega$ 的连接, 测出输出电压有效值 V_{ol} , 并计算此时输出电阻 R_o 。将结果填入表 4 中。(提示: $R_o = \frac{V_{oc} - V_{ol}}{V_{ol}} R_L$)

表 4. 负反馈对输出电阻的影响

| | V_{oc} / mV | V_{ol} / mV | $R_o / k\Omega$ |
|-----|---------------|---------------|-----------------|
| 无反馈 | 161.2 | 914 | 3589 |
| 有反馈 | 261.8 | 250.4 | 0.214 |

5) 负反馈对输出波形失真的影响(带负载)

断开开关 S, 成为无反馈的基本放大器, 在 B 点增大输入信号的幅度并调节静态工作点, 直至输出波形同时产生饱和失真和截止失真, 用示波器观测最大的输出电压峰-峰值 $V_{Op-p\max} = 5.04V$

闭合开关 S, 得到电压串联负反馈放大电路, 同样在 B 点增大输入信号的幅度并调节静态工作点, 直至输出波形同时产生饱和失真和截止失真, 用示波器观测最大的输出电压峰-峰值 $V_{Op-p\max} = 2.00V$