

实验三 负反馈放大器

一、实验目的

加深理解放大电路中引入负反馈的方法和负反馈对放大器各项性能指标的影响。

二、实验原理

负反馈在电子电路中有着非常广泛的应用,虽然它使放大器的放大倍数降低,但能在多方面改善放大器的动态指标,如稳定放大倍数,改变输入、输出电阻,减小非线性失真和展宽通频带等。因此,几乎所有的实用放大器都带有负反馈。

负反馈放大器有四种组态,即电压串联,电压并联,电流串联,电流并联。本实验以电压串联负反馈为例,分析负反馈对放大器各项性能指标的影响。

1、图 4-1 为带有负反馈的两级阻容耦合放大电路,在电路中通过 R_f 把输出电压 u_o 引回到输入端,加在晶体管 T_1 的发射极上,在发射极电阻 R_{F1} 上形成反馈电压 u_f 。根据反馈的判断法可知,它属于电压串联负反馈。

主要性能指标如下

1) 闭环电压放大倍数

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

其中 $A_v = U_o / U_i$ — 基本放大器(无反馈)的电压放大倍数,即开环电压放大倍数。

$1 + A_v F_v$ — 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。

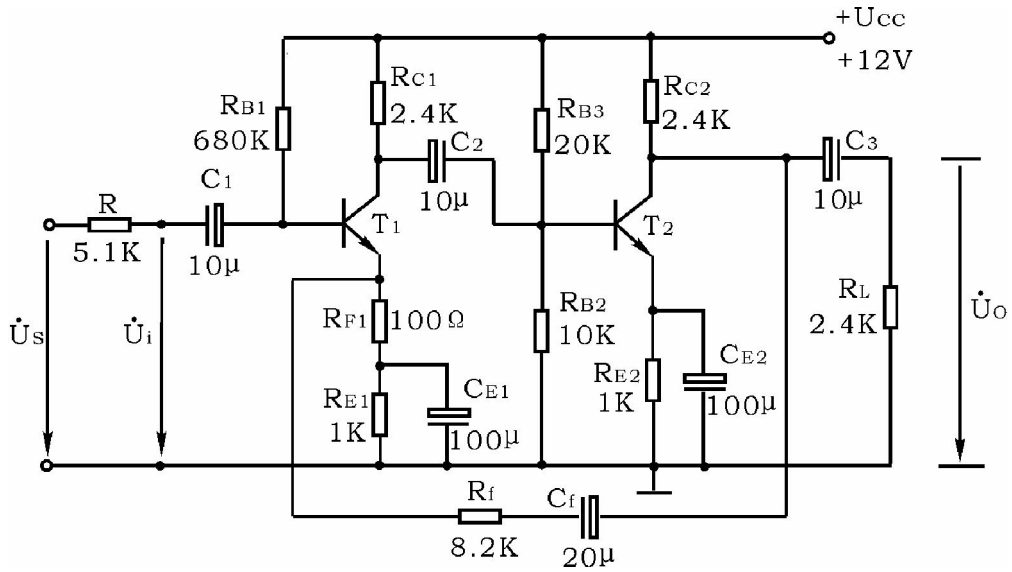


图 4-1 带有电压串联负反馈的两级阻容耦合放大器

2) 反馈系数

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

3) 输入电阻

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

R_i — 基本放大器的输入电阻

4) 输出电阻

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A_{v0} F_V}$$

R_o — 基本放大器的输出电阻

A_{v0} — 基本放大器 $R_L = \infty$ 时的电压放大倍数

2、本实验还需要测量基本放大器的动态参数，怎样实现无反馈而得到基本放大器呢？不能简单地断开反馈支路，而是要去掉反馈作用，但又要把反馈网络的影响（负载效应）考虑到基本放大器中去。为此：

1) 在画基本放大器的输入回路时，因为是电压负反馈，所以可将负反馈放大器的输出端交流短路，即令 $u_o = 0$ ，此时 R_f 相当于并联在 R_{F1} 上。

2) 在画基本放大器的输出回路时, 由于输入端是串联负反馈, 因此需将反馈放大器的输入端 (T_1 管的射极) 开路, 此时 $(R_f + R_{F1})$ 相当于并接在输出端。可近似认为 R_f 并接在输出端。

根据上述规律, 就可得到所要求的如图 4-2 所示的基本放大器。

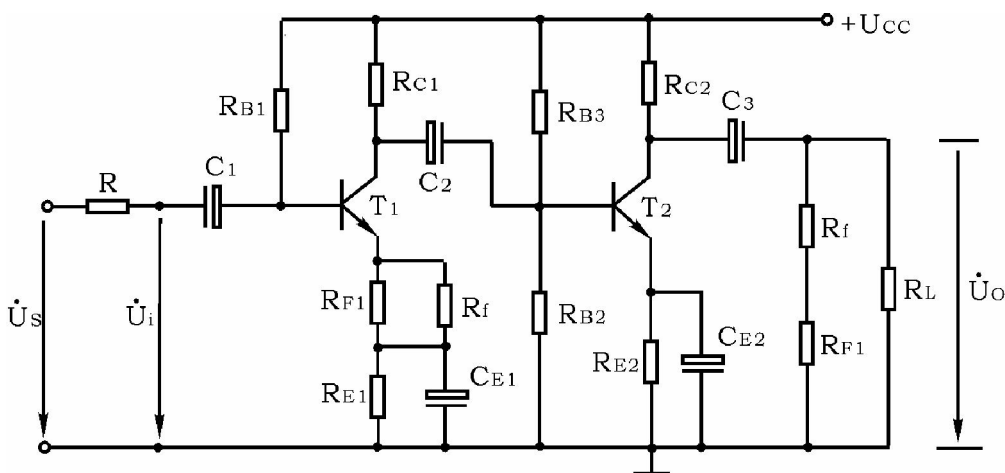


图 4-2 基本放大器

三、实验设备与器件

- | | |
|--|------------|
| 1、 +12V 直流电源 | 2、 函数信号发生器 |
| 3、 双踪示波器 | 4、 频率计 |
| 5、 交流毫伏表 | 6、 直流电压表 |
| 7、 晶体三极管 3DG6 \times 2 ($\beta = 50 \sim 100$) 或 9011 \times 2 | |
- 电阻器、电容器若干。

四、实验内容

1、 测量静态工作点

按图 4-1 连接实验电路, 取 $U_{CC} = +12V$, $U_i = 0$, 用直流电压表分别测量第一级、第二级的静态工作点, 记入表 4-1。

表 4-1

	U_B (V)	U_E (V)	U_C (V)	I_C (mA)
第一级				
第二级				

2、测试基本放大器的各项性能指标

将实验电路按图 4-2 改接，即把 R_f 断开后分别并在 R_{F1} 和 R_L 上，其它连线不动。

1) 测量中频电压放大倍数 A_v ，输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 。

① 以 $f=1\text{KHZ}$ ， U_s 约 5mV 正弦信号输入放大器，用示波器监视输出波形 u_o ，在 u_o 不失真的情况下，用交流毫伏表测量 U_s 、 U_i 、 U_L ，记入表 4-2。

表 4-2

基本放大器	U_s (mv)	U_i (mv)	U_L (V)	U_o (V)	A_v	R_i (K Ω)	R_o (K Ω)
负反馈放大器	U_s (mv)	U_i (mv)	U_L (V)	U_o (V)	A_{vf}	R_{if} (K Ω)	R_{of} (K Ω)

②保持 U_s 不变，断开负载电阻 R_L （注意， R_f 不要断开），测量空载时的输出电压 U_o ，记入表 4-2。

2) 测量通频带

接上 R_L ，保持 1) 中的 U_s 不变，然后增加和减小输入信号的频率，找出上、下限频率 f_h 和 f_l ，记入表 4-3。

3、测试负反馈放大器的各项性能指标

将实验电路恢复为图 4-1 的负反馈放大电路。适当加大 U_s （约 10mV），在输出波形不失真的条件下，测量负反馈放大器的 A_{vf} 、 R_{if} 和 R_{of} ，记入表 4-2；测量 f_{hf} 和 f_{lf} ，记入表 4-3。

表 4-3

基本放大器	f_L (KHz)	f_H (KHz)	Δf (KHz)
负反馈放大器	f_{Lf} (KHz)	f_{Hf} (KHz)	Δf_f (KHz)

*4、观察负反馈对非线性失真的改善

1) 实验电路改接成基本放大器形式，在输入端加入 $f=1\text{KHz}$ 的正弦信号，输出端接示波器，逐渐增大输入信号的幅度，使输出波形开始出现失真，记下此时的波形和输出电压的幅度。

2) 再将实验电路改接成负反馈放大器形式，增大输入信号幅度，使输出电压幅度的大小与 1) 相同，比较有负反馈时，输出波形的变化。

五、预习要求

- 1、复习教材中有关负反馈放大器的内容。
- 2、按实验电路 4-1 估算放大器的静态工作点（取 $\beta_1 = \beta_2 = 100$ ）。
- 3、怎样把负反馈放大器改接成基本放大器？为什么要把 R_f 并接在输入和输出端？
- 4、估算基本放大器的 A_v ， R_i 和 R_o ；估算负反馈放大器的 A_{vf} 、 R_{if} 和 R_{of} ，并验算它们之间的关系。
- 5、如按深负反馈估算，则闭环电压放大倍数 $A_{vf} = ?$ 和测量值是否一致？为什么？

6、如输入信号存在失真，能否用负反馈来改善？

7、怎样判断放大器是否存在自激振荡？如何进行消振？

注：如果实验装置上有放大器的固定实验模块，则可参考实验二附图 2-1 进行实验。

六、实验总结

1、将基本放大器和负反馈放大器动态参数的实测值和理论估算值列表进行比较。

2、根据实验结果，总结电压串联负反馈对放大器性能的影响。