

实验一 单级交流放大器

一、实验目的

- 1、掌握放大电路静态工作点的测试方法，进一步理解电路元件参数对静态工作点的影响，以及调整静态工作点的方法。
- 2、掌握测量电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压幅值的方法。
- 3、观察电路参数对失真的影响。

二、原理简介

放大电路的用途非常广泛，单管放大电路是最基本的放大电路。共射极单管放大电路是电流负反馈工作点稳定电路，它的放大能力可达到几十到几百倍，频率响应在几十赫兹到上千赫兹范围。不论是单级或多级放大器它的基本任务是相同的，就是对信号给予不失真的、稳定的放大。

1、放大电路静态工作点的选择

当对放大电路仅提供直流电源，不提供输入信号时，称为静态工作情况，这时三极管的各电极的直流电压和电流的数值，将和三极管特性曲线上的一点对应，这点常称为Q点。静态工作点的选取十分重要，它影响放大器的放大倍数、波形失真及工作稳定性等。

静态工作点如果选择不当会产生饱和失真或截止失真。一般情况下，调整静态工作点，就是调整电路有关电阻，使 I_{CQ} 和 U_{CEQ} 达到合适的值。

由于放大电路中晶体管特性的非线性或不均匀性，会造成非线性失真，在单管放大电路中不可避免，为了降低这种非线性失真，必须使输入信号的幅值较小。

2、放大电路的基本性能

当放大电路静态工作点调好后，输入交流小信号 u_i ，这时电路处于动态工作情况，放大电路的基本性能主要由动态参数描述，包括电压放大倍数、频率响应、输入电阻、输出电阻。这些参数必须在输出信号不失真的情况下才有意义。基本性能测量的原理电路如图 1-1 所示。

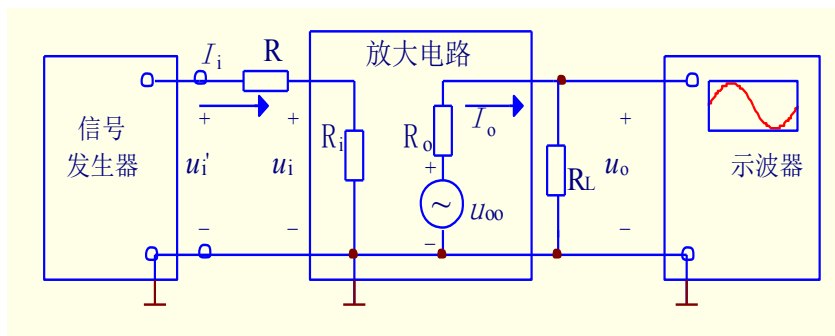


图 1-1 交流放大电路实验原理图

(1) 电压放大倍数 A_u 的测量

用晶体管毫伏表测量图 1-1 中 U_i 和 U_o 的值。即：

$$A_u = U_o / U_i$$

(2) 输入电阻 R_i 的测量

如图 1-1 所示，放大器的输入电阻 R_i 就是从放大器输入端看进去的等效电阻。即：

$$R_i = U_i / I_i$$

通常测量 R_i 的方法是：在放大器的输入回路串一个已知电阻 R ，选用 $R \approx R_i$ （这里的 R_i 为理论估算值）。在放大器输入端加正弦信号电压，用示波器观察放大器输出电压 u_o ，在 u_o 不失真的情况下，用晶体管毫伏表测电阻 R 两端对地的电压和 U_i （见图 1-1），则有：

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{U_i' / U_i} R$$

(3) 输出电阻 R_o 的测量

如图 1-1 所示，放大电路的输出电阻是从输出端向放大电路方向看进去的等效电阻 R_o 表示。

测量 R_o 的方法是在放大器的输入端加信号电压，在输出电压 u_o 不失真的情况下，用晶体管毫伏表分别测量空载时放大器的输出电压 U_∞ 和带负载时放大器的输出电压 U_{OL} 值，则输出电阻：

$$R_o = \frac{U_\infty - U_{OL}}{I_o} = \frac{U_\infty - U_{OL}}{U_{OL}} R_L$$

三、实验内容和步骤

1、调节静态工作点

按图 1-2 连好电路（ V_{CC} 为 6V 也可以为 12V，原理图以 6V 为电源），将输入端对地短路，调节电位器 W_1 ，使 $U_C = V_{CC} / 2$ ，测静态工作点 U_C 、 U_E 、 U_B 的数值，记入表 1-1 中，并计算 I_B 、 I_C 。为了计算 I_B 、 I_C ，应测量 R_{W1} 阻值，测量时应切断电源，并且将它与电路的连接断开，按下式计算静态工作点：

$$I_C = \frac{V_{CC} - U_C}{R_c}$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_B}$$

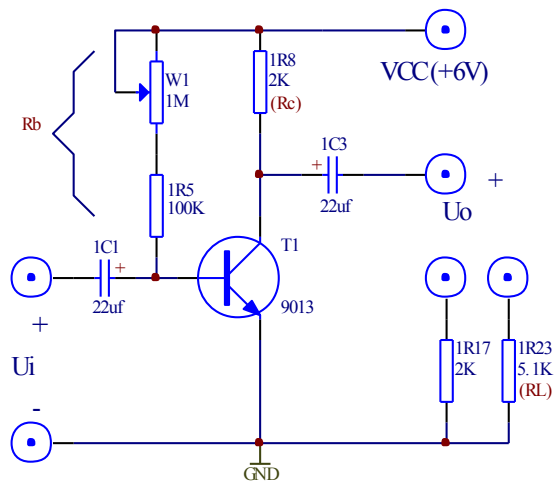


图 1-2

$$(R_B = R_{1R5} + R_{W1})$$

也可以用数字万用表测量 1R5 两端电压 U_{1R5} 及 R_c 两端电压 U_{Rc} , 则

$$I_B = \frac{U_{R_{1R5}}}{R_{1R5}} \quad I_C = \frac{U_{R_c}}{R_c}$$

$U_C(V)$	$U_E(V)$	$U_B(V)$	$I_B(\mu A)$	$I_C(mA)$	$R_{W1}(\Omega)$

表 1-1

2、测量电压放大倍数及观察负载电阻对放大倍数的影响

在实验步骤 1 的基础上, 把输入对地断开, 接入 $f=1Kz$ 、 $U_i=5mV$ 的正弦波信号, 负载电阻分别为 $R_L=2K\Omega$ 、 $R_L=5.1K\Omega$ 和 $R_L=\infty$, 用毫伏表测量输出电压的值, 用示波器观察输入电压和输出电压波形, 把数据填写入表 1-2 中。

$R_L(\Omega)$	$U_i(mV)$	$U_o(mV)$	A_u
2K			
5.1K			
∞			

表 1-2

3、测量输入电阻和输出电阻

按图 1-3 连好电路, 输入端接入 $f=1KHz$ 、 $U_i=20mV$ 的正弦信号, 分别测出电阻 1R1 两端对地信号电压 U_i 及 U'_i , 将测量数据及实验结果填入表 1-3 中。

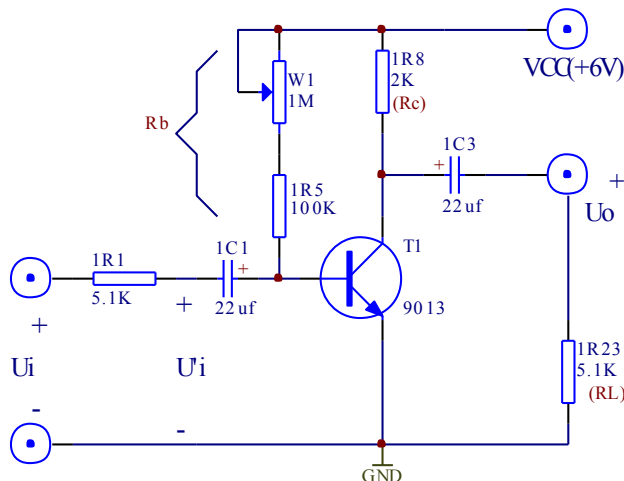


图 1-3

测出负载电阻 R_L 开路时的输出电压 U_{∞} ，和接入 R_L 时的输出电压 U_o ，将测量数据及实验结果填入表 1-3 中。

U_i (mV)	U'_i (mV)	R_i (Ω)	U_{∞} (V)	U_o (V)	R_o (Ω)

表 1-3

4、观察静态工作点对放大器输出波形的影响

按图 1-2 连好电路，负载电阻 $R_L=5.1K\Omega$ ，将观察结果分别填入表 1-4，表 1-5 中。

(1) 输入端接入 $f=1KHz$ 、 $U_i=5mV$ 的正弦信号，用示波器观察正常工作时输出电压的波形并描绘下来。

(2) 逐渐减小 $W1$ 的阻值，观察输出之压的变化，在输出电压波形出现明显削波失真时，把失真的波形描绘下来，并说明是哪种失真，如果 $W1=0\Omega$ 后仍不出现失真，可以加大输入信号 u_i 或将 R_{b1} 由 $100K\Omega$ 改为 $10K\Omega$ ，直到出现明显失真波形。

(3) 逐渐增大 $W1$ 的阻值，观察输出电压的变化，在输出电压波形出现明显削波失真时，把失真波形描绘下来，并说明是哪种失真，如果 $R_{w1}=1M\Omega$ 后仍不出现失真，可以加大输入信号 u_i ，直到出现明显失真波形。

(4) 调节 $W1$ 使输出电压波形不失真且幅值为最大，测量此时的静态工作点 U_C ， U_B ， R_w 和输出电压的数值。并估算此时的动态范围（用有效值表示）。

表 1-4

阻值	波形	何种失真
正常		
R_B 减少		
R_B 增大		

表 1-5

R_B (Ω)	U_C (V)	U_B (V)	U_{Om} (V)

四、实验器材

- 1、 实验箱
- 2、 数字万用表
- 3、 函数信号发生器
- 4、 交流毫伏表
- 5、 双踪示波器

五、实验预习要求

- 1、 三极管及单管放大器工作原理。
- 2、 放大器动态及静态测量方法。
- 3、 阅读相关教材。

六、实验报告要求

- 1、 整理实验数据，填入表中，并按要求进行计算。
- 2、 总结电路参数变化对静态工作点和电压放大倍数的影响。
- 3、 分析输入电阻和输出电阻的测试方法。
- 4、 讨论静态工作点对放大器输出波形的影响。

七、思考题

1、 实验电路的参数 R_L 及 V_{CC} 变化，对输出信号的动态范围有何影响？如果输入信号加大，输出信号的波形将产生什么失真？

2、 ~~本实验在测量放大器放大倍数时，使用交流毫伏表，而不用万用表，为什么？~~

3、 测一个放大器的输入电阻时，若选取的串入电阻过大或过小，则会出现测试误差，请分析测试误差。