



电子技术实验报告



姓名：UNikeEN

班级：

学号：

实验成绩：

同组姓名：无

实验日期：2022.11.29

指导老师：

晶体管基本放大电路实验

实验目的

1. 测定单极放大器的静态工作点及电压放大倍数。
2. 学习替代法与换算法，并分别计算放大器的输入电阻和输出电阻。
3. 测量放大器的幅频特性、观察非线性的失真波形。

实验原理

一、静态工作点及常用偏置电路

从晶体管工作原理我们知道，任何组态放大器（共射 CE、共源 CS、共基 CB、共栅 CG、共集 CC、共漏 CD）的基本任务都是不失真地放大信号。合理地选取静态工作点是实现这一要求的前提，一般说来，静态工作点最佳位置为输出特性曲线上交流负载的中点。图 1 为基本共射极放大电路，图 2 (a)和(b)分别为其输入回路和输出回路的图解分析。根据静态工作的定义，如果静态工作点 Q 处于负载线的中点，放大器可以获得最大动态范围。最大范围为 $V_{CES} - V_{CC}$ ，最大幅值为 $\frac{1}{2}(V_{CC} - V_{CES})$ 。

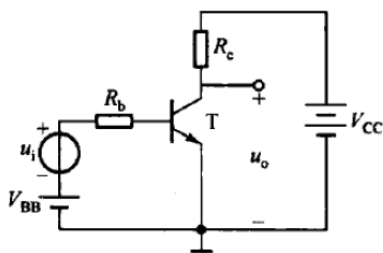


图 1 基本共射极放大电路

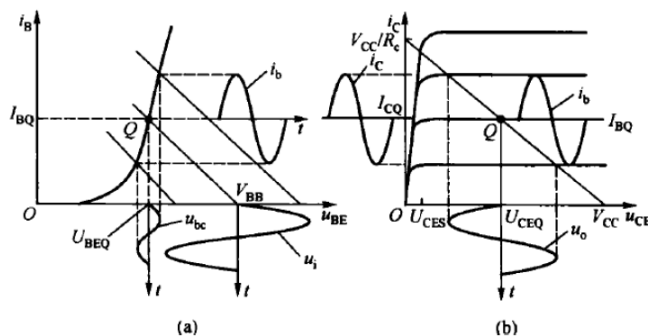


图 2 晶体管静态工作点

如果工作点选得太高或太低，可能引起饱和失真和截止失真：图 3 为静态工作点过低，易发生截止失真：图 4 为静态工作点过高，易发生饱和失真。

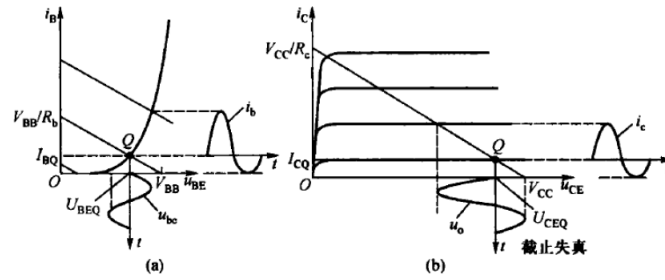


图 3 静态工作点过低，易发生放大器截止失真

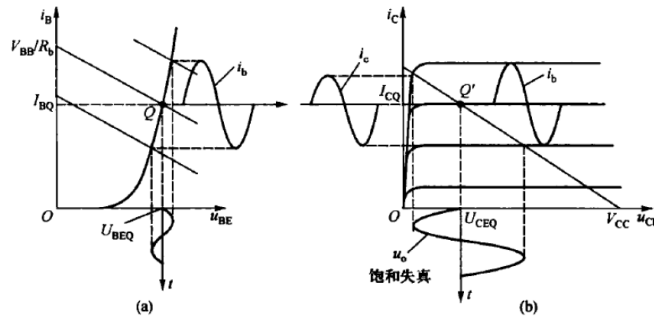


图 4 静态工作点过高，易发生放大器饱和失真

对于小信号放大器来说，由于输出交流信号的幅度很小（几十到几百毫伏），非线性失真往往不是主要问题，因此工作点 Q 可按其他要求灵活考虑。如在不失真的前提下，工作点选得高一些利于提高放大倍数，因为工作点越高，也就意味着 I_B 越大，也就是 I_E 越大，根据 r_{be} 的定义，其值越小，根据放大倍数的计算公式，结果是放大倍数相对来说大些；而工作点选得低一些则有利于降低直流损耗和提高管子的输入电阻 r_{be} ，工作点越低， I_E 越小，则 r_{be} 越大，则输入电阻越大。 r_{be} 和放大倍数 A_u 的计算公式如下：

$$r_{be} = 200 + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E \text{mA}}$$

$$A_u = -\frac{\beta R_c}{r_{be}}$$

二、静态工作点的估算

在实验箱上，将 S_1S_3 、 S_5S_6 、 S_9S_{10} 、 $S_{12}S_{13}$ 相连，组成一个基本共射极放大电路（如图 5 所示），去除交流输入等部分，保留直流部分，得到图 6。

电路参数已知情况下，一般取 $I_{R4} = (5-10)I_B$ ， $V_B = (1/5-1/3)V_{CC}$ ，据此可估计各静态值：

$$I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_8 + R_7} = \frac{V_{CC} R_3}{(R_4 + R_3 + R_{P2})(R_8 + R_7)}$$

$$I_B = \frac{I_E}{1 + \beta}$$

$$I_C \approx I_E$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_6 I_C$$

若已知部分参数要求，亦可按上述假定计算其他参数，计算结果一般取标称值。

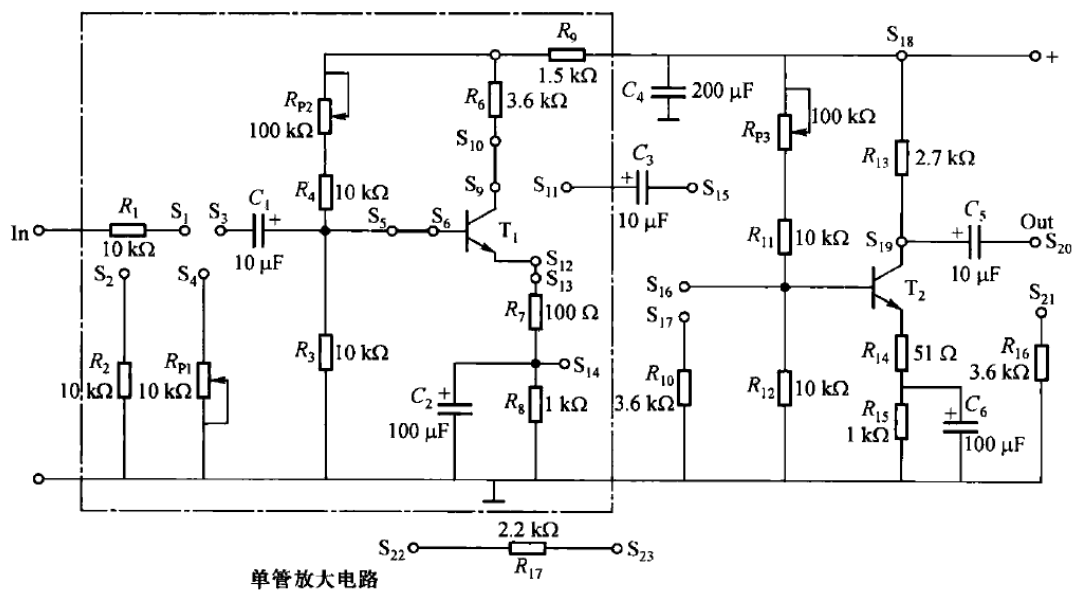


图 5 单管共射极放大电路

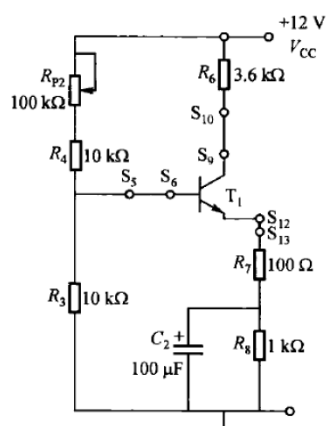


图 6 单管放大电路静态工作点估算

三、替代法测量输入电阻 r_i

放大器输入电阻 r_i 的定义是从放大器输入端看进去的等效电阻。

如图 7，当开关 S 置于 2，即输入信号加在被测电路时，记下晶体管毫伏表的电压 V 的读数 V_i ；再将开关 S 置于 3，调节 RP，使电压的读数仍为原值，则 R_P 的阻值即为 r_i 的值。

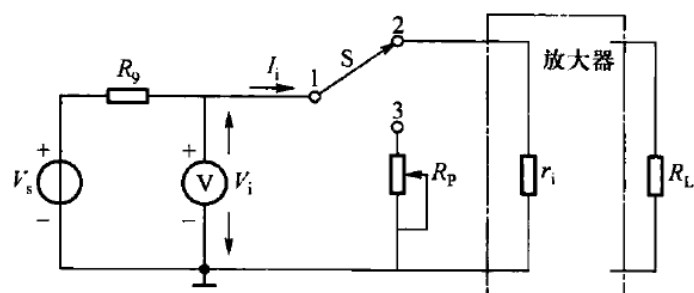


图 7 输入电阻的替代法测量原理

四、换算法测量输出电阻 r_o

放大器的输出电阻定义是输入电压短路（但保留内阻）时从放大器输出端看进去的等效电阻。使用换算法测量输出电阻时，在放大器输入端加上一个固定电压幅值信号，分别测量输出开路 and 接上负载 R_L 时的输出电压 V'_o 和 V_o ，按下式可计算出输出电阻

$$r_o = \left(\frac{V'_o}{V_o} - 1 \right) R_L$$

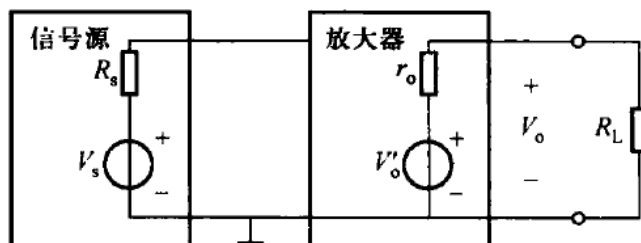


图 8 输出电阻测量

五、低频放大器幅频特性的测量

维持输入信号电压 V_s 幅值不变，改变输入信号频率，测量不同频率时的电压放大倍数（要求输出信号不失真），即可得到放大器幅频特性。增益下降到中频段增益的 0.707 时（或 -3dB）所对应的频率就是上限频率 f_H 和下限频率 f_L ，两者之差称为放大器的通频带或 3dB 带宽，即 $f_{3dB} = f_H - f_L$

实验步骤与数据记录

一、测定静态工作点

输入直流电压 $V_{CC}=+9V$ 加在 K7 点，COM 接地。基极：K5-K6；集电极：用 $2k\Omega$ 电阻，K8-K9；发射极： 100Ω 电阻不用，K12-K14。

调节 R_{p2} 使得 $V_B=1/4V_{CC}=2.25V$ ，使用万用表 DC 档测出 V_C 、 V_E 、 V_{CE} 的值。

测得数据记录如下：

表 1 测定静态工作点数据记录表

V_B/V	V_C/V	V_E/V	V_{CE}/V
2.2501	5.8526	1.5905	4.2621

原始数据如图：（图 9-11）



二、测定电压放大倍数

在有直流偏置的情况下，在 IN 端输入 500Hz，有效值 30~35mV 左右的正弦波信号，用示波器观测 K15 点的输出信号是否失真。

在输出信号未失真的情况下，用万用表 AC 档分别测量 K15 与 K6 点的电压值，并计算出两者之间的电压比，即为该三极管的电压放大倍数。

测得数据记录如下：

表 2 电压倍数放大测定数据记录表

V _{in_rms} /V	V _{K6} /V	V _{K15} /V
30m	5.282m	0.56444

计算得放大倍数： $A_u = U_o/U_i \approx 106.86$

原始数据如图：（图 12-13）



三、替代法测定放大器输入电阻

输入 500Hz、30mV 左右的正弦波信号，在输出端连接负载（3.6kΩ 电阻）时，用示波器监视输出端的波形保证不失真。

先将 K1 与 K3 相连，记下 K1 端的电压值。然后 K1 与 K3 断开，K1 与 K4 相连，调节可调电阻器 RW5，使 K1 端电压值保持不变，断开 K4 端，用万用表测出 RW5，即为输入电阻值。

测得数据记录如下，即测得输入电阻为 1933.5Ω。

表 3 替代法测定数据记录表

V _{K1} /V	V _{K1'} /V	R _{in} /kΩ
5.296m	5.297m	1.9335

原始数据如图：（图 14-15）



四、换算法测定放大器输出电阻

分别测量输出点 K15 开路情况下的输出电压值 V_o' 与接上负载 R_L 情况下的输出电压值 V_o ，根据公式 $R_o = \left(\frac{V_o'}{V_o} - 1 \right) R_L$ ，计算得输出电阻值。

测得数据记录如下：

表 4 换算法测定数据记录表

V _{o'} /V	V _o /V
0.56839	0.36637

计算得输出电阻 $R_o = \left(\frac{V_o'}{V_o} - 1 \right) R_L \approx 1985.07 \Omega$

原始数据如图：（图 16-17）



五、测量幅频特性

维持输入正弦波的电压不变，在不失真的情况下，改变输入信号的频率（从 10Hz 到 10MHz 不等），测量不同频率时的输出电压值，即可得到放大器的幅频特性。

测得数据记录如下：

表 5 幅频特性测量数据记录表

输入频率/Hz	10	38.782(f _L)	50	60	70	80	100
输出电压/V	0.34362	0.92491	1.02581	1.084	1.1267	1.158	1.2001
输入频率/Hz	200	1k	2.5k	40k	80k	100k	122.88k(f _H)
输出电压/V	1.2708	1.3064	1.308(max)	1.2229	1.08717	1.01207	0.92481
输入频率/Hz	140k	300k	500k	1M			
输出电压/V	0.86572	0.4911	0.23671	5.063m			

在对数图上绘制幅频特性曲线如下：

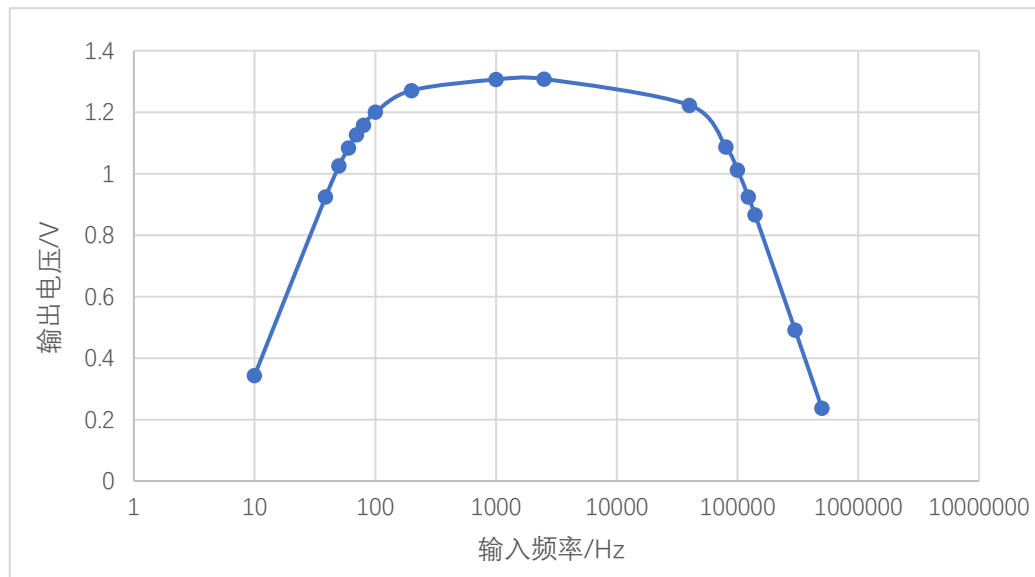


图 18 幅频特性曲线

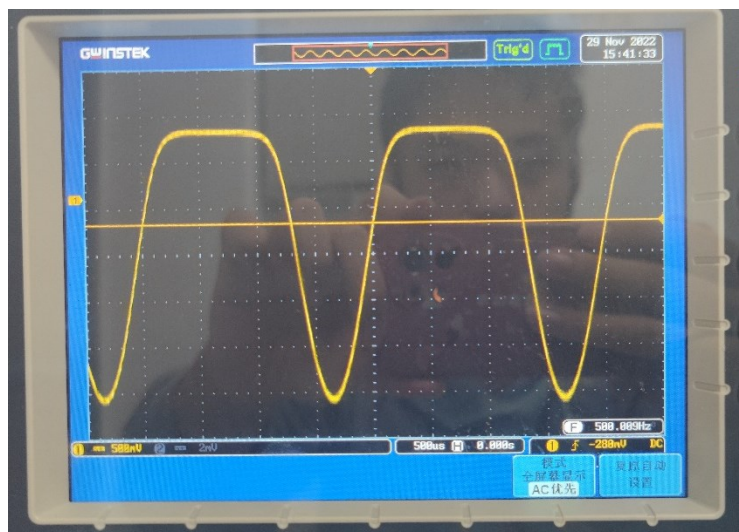
六、观察非线性失真波形

两种情况会引起非线性失真：

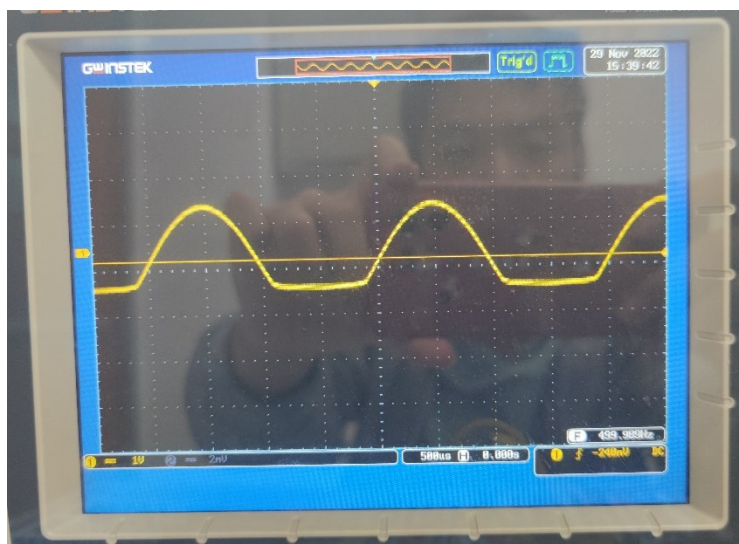
a. 增大输入信号。b. 调节 R_{p2} 改变静态工作点，静态工作点上移引起饱和失真，下移引起截止失真。

观察失真波形，辨别并记录。

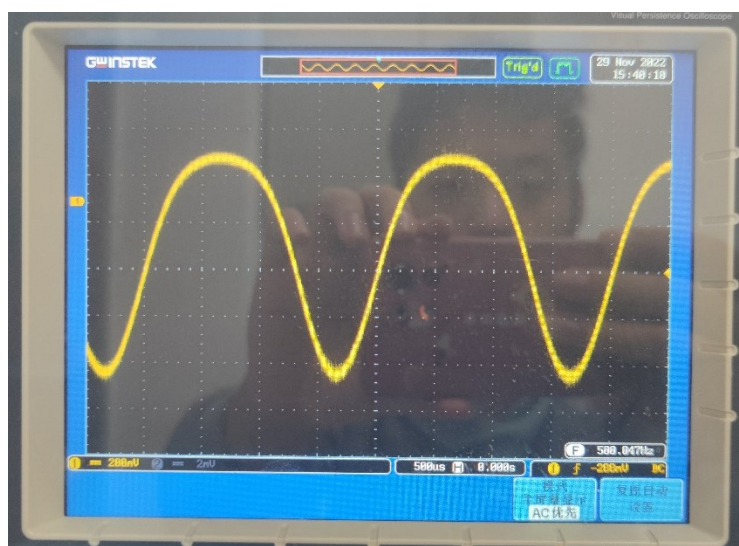
增大输入信号，示波器反相，失真波形如下（图 19）：



改变静态工作点，饱和失真（图 20）：



改变静态工作点，截至失真（图 21）：



结果分析

本次实验所得值均在预期范围内，所得图像与预期相符，本次实验较成功。