



院(系): 智能工程学院

学号: 20354027

姓名: 方桂安

日期: 12月16日

实验名称: 单极交流放大电路

## 一、实验目的

1. 熟悉电子元件和模拟电路实验箱。
2. 掌握放大电路静态工作点的调试方法及其对放大电路性能的影响。
3. 学习测量放大电路 $Q$ 点,  $A_u$ 、 $r_i$ 、 $r_o$ 的方法, 了解共射极电路特性。
4. 学习放大电路的动态性能。

## 二、预习要求

1. 三极管及单管放大电路工作原理。
2. 放大电路静态和动态测量方法。

## 三、实验仪器

1. TPE-A5 II L 电路分析试验箱 一台
2. SDM3065 数字万用表 一只
3. SDS5054 数字示波器 一台
4. SDG6032X 函数信号发生器 一台

## 四、实验内容与步骤

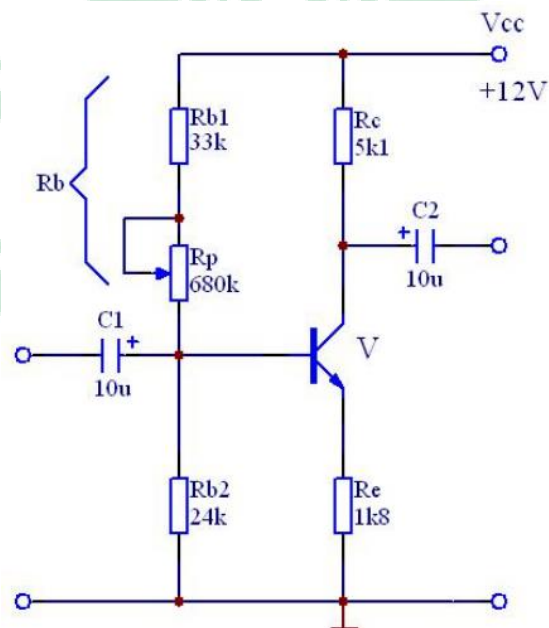


图 1.1 基本放大电路

1. 装接电路与简单测量

- (1) 用万用表判断实验箱上三极管 V 的极性和好坏, 电解电容 C 的极性和好坏。
- (2) 按图 1.1 所示, 连接电路 (注意: 接线前先测量+12V 电源, 关断电源后再连线), 将 $R_P$ 的阻值调到最大位置。

## 2. 静态测量与调整

- (1) 接线完毕仔细检查, 确定无误后接通电源。改变 $R_P$ , 记录 $I_C$ 分别为 0.5mA、1mA、1.5mA 时的 $I_B$ , 并计算三极管 V 的 $\beta$ 值。

注意:  $I_B$  和  $I_C$  的测量和计算方法

方法一:  $I_B$  和  $I_C$  一般可用间接测量法, 即通过测 $U_C$ 和 $U_B$ ,  $R_C$ 和 $R_b$ 、 $R_{b2}$ 计算出 $I_B$ 和 $I_C$ 。此法虽不直观, 但操作较简单, 建议初学者采用。

方法二: 直接测量法, 即将电流表直接串联在基极和集电极中测量。此法直观, 但操作不当容易损坏器件和仪表。不建议初学者采用。

- (2) 调整 $R_P$ 使 $U_E = 2.2V$ , 计算并填表 1.1。

表 1.1

实测			实测计算	
$U_{BE}(V)$	$U_{CE}(V)$	$R_b(K\Omega)$	$I_B(\mu A)$	$I_C(mA)$

## 3. 动态研究

- (1) 按图 1.2 所示电路接线, 调节 $R_P$ 使 $U_C = 6V$ 。如想做直流负反馈放大电路实验按图 1.5 所示电路接线。

注: 在进行小信号放大实验时, 由于所用信号发生器及连接电缆的缘故, 往往在进入放大器前就出现噪声或不稳定, 实验时可采用在放大器输入端加衰减的方法。一般可用实验箱中电阻组成衰减器, 这样连接电缆上信号电平较高, 不易受干扰。实验连接线应尽量短, 避免相互干扰。

- (2) 将信号发生器的输出信号调到 $f = 1kHz$ , 幅值为 500mV, 接至放大电路的 A 点, 经过 $R_1$ 、 $R_2$ 衰减,  $U_i$ 点得到接近 5mV 的小信号。或者不接 $R_1$ 、 $R_2$ , 直接从 $U_i$ 点输入幅值 5mV、1kHz 信号。观察 $U_i$ 和 $U_o$ 端波形, 并比较相位。
- (3) 信号源频率不变, 逐渐加大信号源幅度, 观察 $U_o$ 不失真时的最大值并填表 1.2。

表 1.2

实测		实测计算	估算
$U_i(\text{mV})$	$U_o(\text{V})$	$A_u$	$A_u$

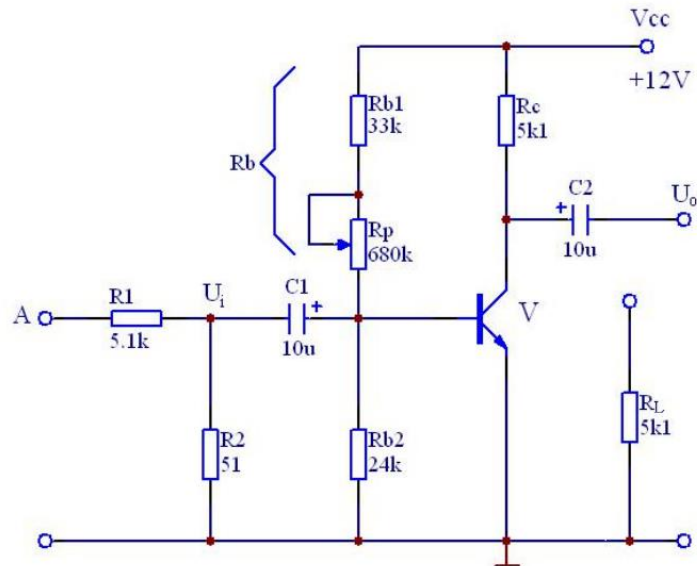


图 1.2 小信号放大电路

- (4) 保持  $U_i = 5\text{mV}$  不变，放大器接入负载  $R_L$ ，在改变  $R_c$  数值情况下测量，并将计算结果填表 1.3。

表 1.3

给定参数		实测		实测计算	估算
$R_c$	$R_L$	$U_i(\text{mV})$	$U_o(\text{V})$	$A_u$	$A_u$
2k	5k1				
2k	2k2				
5k1	5k1				
5k1	2k2				

- (5)  $R_c = 5\text{k1}$ ，不接负载电阻，选择合适  $U_i$ ，增大和减小  $R_p$ ，观察  $U_o$  波形变化，应可出现正常放大和两种失真现象。若失真观察不明显可增大  $U_i$  幅值，并重测，将测量结果填入表 1.4。

表 1.4

$R_p$	$U_B$	$U_C$	$U_E$	输出波形情况
较大				
合适				
较小				

#### 4. 测放大电路输入、输出电阻。

##### (1) 输入电阻测量（见图 1.3）

不接衰减电路的 $R_2$ ，即在输入端 $U_i$ 串接一 $5k\Omega$ 电阻如 1.3，测量 $U_s$ 与 $U_i$ ，即可计算 $r_i$ 。

$$r_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R$$

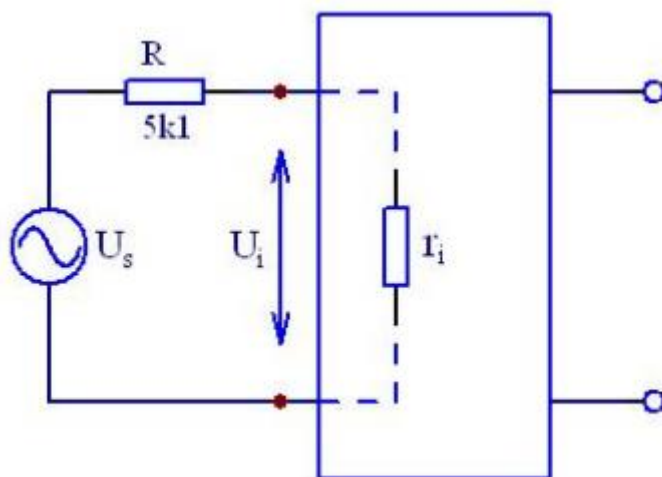


图 1.3 输入电阻测量

##### (2) 输出电阻测量（见图 1.4）

$$r_o = \left( \frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

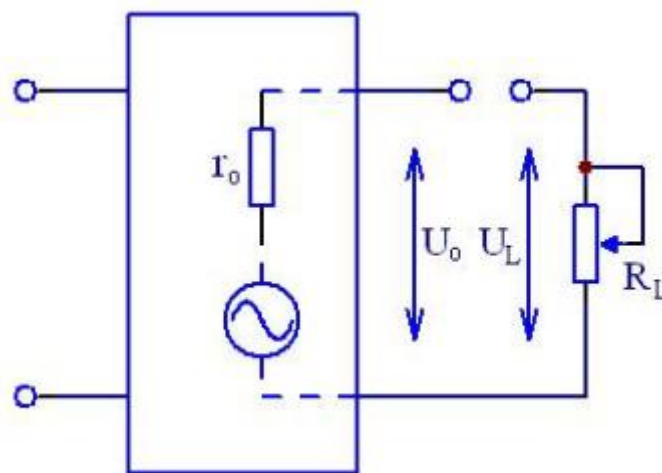


图 1.4 输出电阻测量

在输出端接入可调电阻作为负载，选择合适的 $R_L$ 值使放大电路输出不失真（接示波器监视），测量带负载时 $U_L$ 和空载时的 $U_o$ ，即可计算出 $r_o$ 。将上述测量及计算结果填入表 1.5 中。

表 1.5

测算输入电阻 (设: $R = 5k\Omega$ )				测算输出电阻			
实测		测算	估算	实测		测算	估算
$U_S(\text{mV})$	$U_i(\text{mV})$	$r_i$	$r_i$	$U_o$ $R_L = \infty$	$U_L$ $R_L =$	$r_o(\text{k}\Omega)$	$r_o(\text{k}\Omega)$

## 五、数据分析

### 1. 静态测量与调整

- (1) 记录记录 $I_C$ 分别为 0.5mA、1mA、1.5mA 时的 $I_B$ , 并计算三极管 V 的  $\beta$  值:

$I_C(\text{mA})$	$U_{B1}(\text{V})$	$U_{B2}(\text{V})$	$I_B(\mu\text{A})$	$\beta$
0.5	2.460	1.605	7.670	65.19
1.0	3.997	2.538	15.371	65.06
1.5	5.547	3.471	23.466	63.92

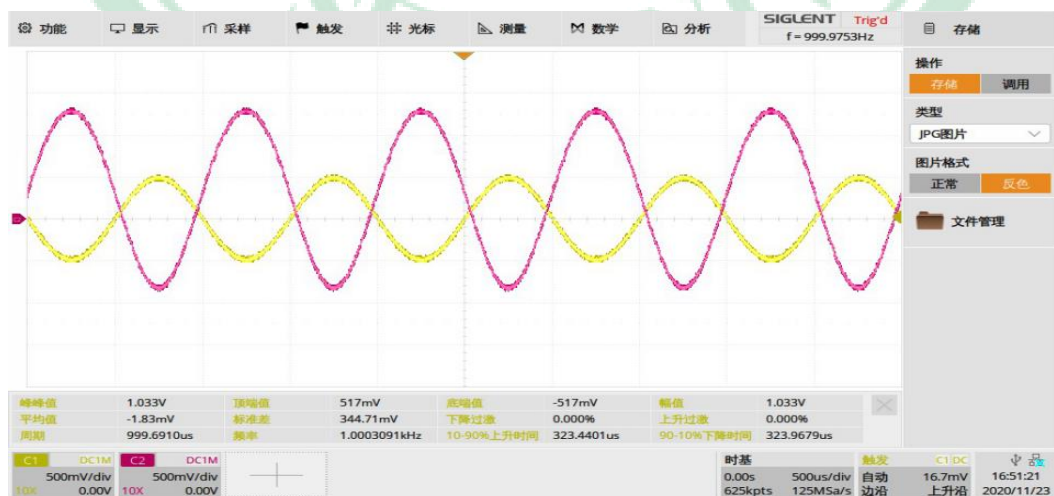
- (2) 填写表 1.1:

表 1.6 (原表 1.1)

实测			实测计算	
$U_{BE}(\text{V})$	$U_{CE}(\text{V})$	$R_b(\text{k}\Omega)$	$I_B(\mu\text{A})$	$I_C(\text{mA})$
0.7117	3.82	66.25	15.86	1.173

### 2. 动态研究

- (1) 观察 $U_i$ 和 $U_o$ 的波形:



经过比较,  $U_i$ 和 $U_o$ 端的波形相差半个周期, 波形刚好相反。

(2) 填写表 1.2:

表 1.7 (原表 1.2)

实测		实测计算	估算
$U_i(\text{mV})$	$U_o(\text{V})$	$A_u$	$A_u$
3.321	0.756	-227.64	-228
6.665	1.498	-224.76	-228
10.010	2.208	-220.58	-228

其中放大系数 $A_u$ 的计算公式为:

$$A_u = \frac{U_o}{U_i}$$

(3) 填写表 1.3:

表 1.8 (原表 1.8)

给定参数		实测		实测计算	估算
$R_C$	$R_L$	$U_i(\text{mV})$	$U_o(\text{V})$	$A_u$	$A_u$
2k	5k1	3.32	0.226	-68.07	-64.40
2k	2k2	3.32	0.166	-50.00	-46.96
5k1	5k1	3.32	0.384	-115.66	-114.38
5k1	2k2	3.32	0.235	-70.78	-68.90

(4) 填写表 1.4:

表 1.9 (原表 1.4)

$R_P$	$U_B$	$U_C$	$U_E$	输出波形情况
较大	2.93	0.809	0	失真
合适	3.31	0.757	0	正常
较小	3.39	0.231	0	失真

当 $R_b$ 增大时, 静态电流 $I_{BQ}$ 减小, 使静态工作点 $Q$ 偏低, 从而产生截止失真, 解决办法为减小 $R_b$ 的阻值来提高 $I_{BQ}$ , 使其波形恢复正常, 使得三极管正常工作。

当 $R_b$ 减小时, 静态电流 $I_{BQ}$ 增大, 使静态工作点 $Q$ 偏高, 从而产生饱和失真, 解决办法为增大 $R_b$ 的阻值来减小 $I_{BQ}$ , 使其波形恢复正常, 使得三极管正常工作。

3. 测放大电路的输入输出电阻

表 1.5 的填写:

表 1.10 (原表 1.5)

测算输入电阻 (设: $R = 5k\Omega$ )				测算输出电阻			
实测		测算	估算	实测	测算	估算	
$U_s(\text{mV})$	$U_i(\text{mV})$	$r_i$	$r_i$	$\frac{U_o}{R_L = \infty}$	$\frac{U_L}{R_L = \infty}$	$r_o(\text{k}\Omega)$	$r_o(\text{k}\Omega)$
35.68	7.80	1.43	1.39	1.09	0.34	4.85	5.10

## 六、实验结论

结论：本次实验，将理论所学的单级放大电路的工作原理应用到实际的实验电路中，共射极晶体管放大电路的发射极是输入回路（基极回路）和输出回路（集电极回路）的公共端，如果在放大电路的输入端加入一个正弦电压，则在线性范围内，晶体管的各个元件的电压、电流都将围绕自己的静态值随输入的正弦信号规律变化。当元件参数取得合适时， $u_o$ 的幅度大于 $u_i$ 的幅度，实现了电压放大，这是我们可以测量电路的各个部分的电流计算放大倍数。

误差：主要原因在于非线性失真，这是影响放大电路质量的一个很重要的因素，放大电路应有合适的静态工作点，否则将会出现截止失真和饱和失真。以及测量仪器本身存在的精度误差，以及人为连接电路的误差，此外，电阻箱本身的瑕疵可能也对实验带来了影响。

收获：进一步学习了晶体管的性质和共射放大电路的静态分析和动态分析，以及连接电路时实验操作的规范性，对单极交流放大电路有了进一步的认识。