

【成绩】

【教师签名】

同 31/10

【实验目的】

- ① 学会放大器静态工作点的调整 and 测试方法。
- ② 观察并测定静态工作点变化对放大电路的电压放大倍数、波形失真的影响。
- ③ 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及幅频特性曲线的测试方法。

【实验原理及内容】

电阻分压式工作点稳定单管放大电路，偏置电路采用 R_{B1} 和 R_{B2} 组成的分压电路并在发射极中接有电阻 R_E 以稳定静态工作点。当在放大器的输入端加入输入信号 U_i 后，便可在放大器的输出端得到一个与 U_i 相位相反、幅值放大的输出信号 U_o ，从而实现电压放大。

在图 3-3-1 中 $I_{R_{B1}} + I_{R_{B2}} \gg I_B$ 则它的静态工作点可用下式估算：
 $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_{E1} + R_{E2})$ 电压放大倍数 $A_u = -\beta \frac{R_{C1} \parallel R_L}{R_{B1} + R_{B2}}$ $U_B \approx \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$ $I_E \approx \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \approx I_C$

输入电阻 $R_i = R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel [r_{be} + (1 + \beta) R_{E1}]$ ，输出电阻 $R_o \approx R_C$ 。

(1) 放大器静态工作点的调整与测试
 静态工作点的调试是对集电极电流 I_C (V_{CE}) 的调整。工作点偏高，加入交流信号易产生饱和失真，偏低则易产生截止失真。在选定工作点还必须进行动态调试，以满足要求。通常采用调节偏置电阻 R_{B2} 的方法。

静态工作点的测试，在输入信号 $U_i = 0$ 时，将放大器输入端与地短接，然后用数字电压表分别测量各电极对地的电位 U_B 、 U_C 和 U_E ，并采用测量电压 U_C 或 U_E 计算 I_C ， $I_C \approx I_E = \frac{U_E}{R_E + R_{E1}}$ ($I_C \approx \frac{U_C - U_{CE}}{R_C}$)

(2) 放大器动态指标的测试

① 最大动态范围 U_{oppmax} ，将静态工作点调在交流负载线的中点，在放大器正常工作情况下，逐渐增大输入信号的幅度，同时调节 R_W (改变静态工作点) 用示波器观察 U_o ，当波形出现削底和削顶现象，则静态工作点调在交流负载线的中点。然后反复调整输入信号，使波形输出幅度最大且无失真， U_o 峰值即为 U_{oppmax} 。② 放大倍数，是输出量与输入量之比即 $A_u = \frac{U_o}{U_i}$ 。

③ 输入电阻：输入信号的电压与电流之比，即 $R_i = \frac{U_i}{I_i}$ 。输入电阻越大，获取信号的能力越强。在电路中串入一已知电阻 R ，可得 $R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_1}{U_1 - U_2} R$ ，当 R 与 R_i 接近，这样误差较小。

④ 输出电阻： $R_o = \frac{U_o - U_L}{U_L} R_L$ 输出电阻越小，驱动负载的能力越强。同样 $R_o \approx R_C$ 可推导出来。

⑤ 幅频特性：频率响应测试法和扫频法，这里使用点测法，测出每一频率对应的输出信号幅度。若电路特性较好，中频一段特性曲线较平缓，找出 f_L 、 f_0 、 f_H 三点，用圆滑曲线将三点连起来。

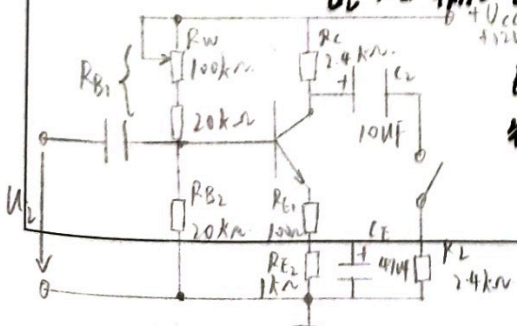
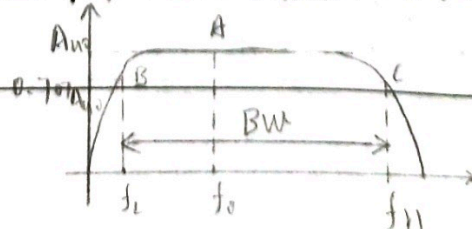


图 3-3-1



【实验设备】

信号发生器 1台 双踪示波器 1台 数字万用表 1块

模拟电路实验箱 1台 三极管 3DG6 1只 电阻、电容元件 若干

【实验方案及步骤】

按电路图连接实验电路,为防止干扰,须将各仪器的公共端连在一起(共地)

(1) 放大电路静态工作点的调整与测试

① 用静态调试法调整静态工作点,通过调节偏置电路电阻 R_{B2} 阻值,使得示波器中的饱和失真与截止失真相当。

② 保持 R_{B2} 不变,在输入信号 $U_i = 0$ 的情况下,将输入端与地短接测得 U_B, U_C, U_E 并记录数据。

(2) 动态参数的测试

① 测量电压放大倍数: 在 U_i 端加上 $f = 1\text{kHz}$ 的正弦信号,调节信号输入幅度,在输出波形不失真的条件下测得 $R_L = \infty, R_L = 2.4\text{k}\Omega, R_L = 1.2\text{k}\Omega, R_L = 0.6\text{k}\Omega$; 对应 U_i 的 U_o 值,并记录下来,并观察记录一组 U_i, U_o 的波形。

② 测量输入电阻。

在信号源输出端 U_s 与实验电路输入端 U_i 之间串联一已知电阻 R , 测出 U_s, U_i 并记录。

③ 测量输出电阻。

U_s/mV	U_i/mV
1000	200

置 $R_L = \infty$, 在 U_i 端输入 $f = 1\text{kHz}$ 正弦信号,输出电压在不失真的情况下测出 U_o ; 保持 U_i 不变置 $R_L = 2.4\text{k}\Omega$ 测量 U_L , 记入表。

U_o/mV	U_L/V
2.1	1.3

④ 测量幅频特性曲线。

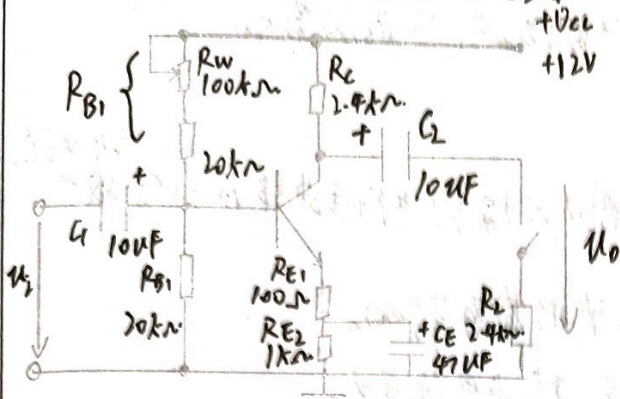
保持输入信号的幅度不变,改变信号源频率,用三点法绘制电路的幅频特性曲线,记入表中。

(1) 选择一中间频率 f_0 , 测得输出信号幅度 U_o 。(2) 改变频率使输出幅度下降到 $0.707U_o$ 时,比 f_0 低的为 f_L (低频截止频率) 比 f_0 高的为 f_H (高频截止频率)。

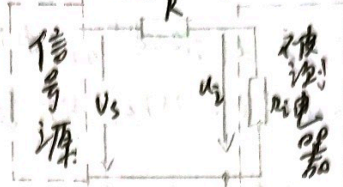
	f_L	f_0	f_H
f/kHz	0.018	1	11
U_o/V	1.590	2.279	1.560

【实验电路图】

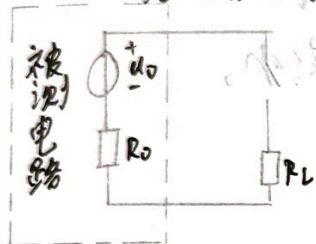
(1) 共射极单管放大器实验电路



(2) 输入电阻测量



(3) 输出电阻测量



【实验数据处理及分析】

(1) 静态工作点 测量值

U_B/V	U_E/V	U_C/V	$R_{B2}/k\Omega$	I_C/mA
2.89	2.23	7.39	56.4	1.92

$$U_{BE} = U_B - U_E = 0.63V$$

$$U_{CE} = U_C - U_E = 5.16V$$

$$I_C \approx I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_{E1} + R_{E2}} = 2.05(mA)$$

(2) 输入电阻

U_1/mV	U_2/mV
1000	200

$$R_i = \frac{U_2}{U_1 - U_2} R = 2.08k\Omega$$

$$理论: R_i = R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel [r_{be} + (1+\beta)R_{E1}] = 1.98k\Omega$$

(3) 输出电阻

U_0/mV	U_L/mV
2.7	1.3

$$测量: R_o = \frac{U_0 - U_L}{U_L} R_L = 2.58k\Omega$$

$$理论: R_o = 2.4k\Omega$$

(4) 测量幅频特性曲线

$$U_2 = 200mV$$

	f_L	f_0	f_H
f/kHz	0.018	1	11
U_0/V	1.590	2.279	1.560

$$A_{u1} = \frac{U_0}{U_1} = 7.95$$

$$A_{u2} = \frac{U_0}{U_2} = 11.3$$

$$A_{u3} = \frac{U_0}{U_3} = 7.8$$

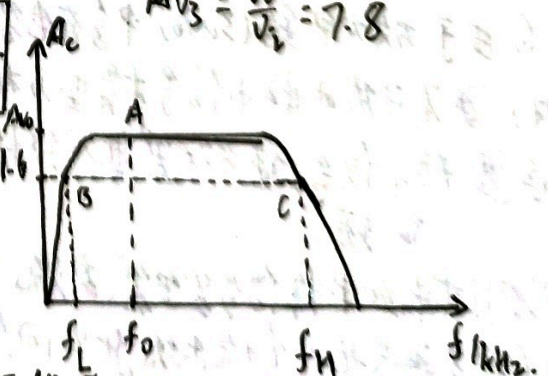
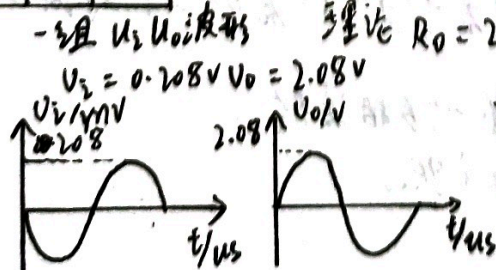
(2) 动态参数 ① 电压放大倍数

$R_C/k\Omega$	$R_L/k\Omega$	U_1/V	U_0/V	A_u
2.4	∞	0.208	3.96	19
2.4	2.4	0.208	2.08	10
1.2	2.4	0.208	1.40	6.7

$$A_{u1} = \frac{U_0}{U_1} = 19$$

$$A_{u2} = \frac{U_0}{U_2} = 10$$

$$A_{u3} = \frac{U_0}{U_3} = 6.7$$



误差分析: ① 元件量值, 参数发生变化

② 无源探头产生部分误差

③ 操作中各接线端子可能存在接触不良

【实验结论】

- ① 学会了放大电路的静态工作点调整和测试方法。
- ② 观察并测定了静态工作点对放大电路的电压放大倍数、波形的影响。
- ③ 认识了射极偏置电路的静态工作点主要参数。
- ④ 掌握了放大电路的放大倍数、输入电阻、输出电阻及幅频特性曲线的测试方法。
- ⑤ 静态工作点的设定对放大电路的性能和输出波形都有影响。
- ⑥ R_c 越大, 电压放大倍数越大, 输入电阻无影响, 输出电阻变大。
 R_L 越大, 电压放大倍数越大, 输入电阻变大, 输出电阻无影响。
静态工作点越高, 电压放大倍数越大, 输入电阻越大, 输出电阻无影响。
静态工作点偏高或偏低易产生饱和失真或截止失真。
- ⑦ 该实验电路可用于收音机的放大电路中的中间级。

【思考题】

- ① 怎样测量 R_{B2} 的阻值?
将电路断开, 并将数字万用表调至欧姆挡, 将红黑表笔接至 R_{B2} 两端, 测得其阻值。
- ② 当调节偏置电阻 R_{B2} , 使放大器输出波形出现饱和失真或截止失真时, 晶体管的管压降 V_{CE} 怎样变化?
① 当出现饱和失真时, V_{CE} 会变得很小 ② 当出现截止失真时 V_{CE} 变大 (接近 V_{CC})
- ③ 改变静态工作点对放大器的输入电阻 R_i 有无影响? 改变外接电阻 R_L 对输出电阻 R_o 有无影响?
① 静态工作点的改变对输入电阻有影响。② R_L 对输出电阻 R_o 无影响。
- ④ 在测试 A_v 、 R_i 和 R_o 时怎样选择输入信号的大小和频率? 为什么信号频率一般选 1kHz 而不选更高 100kHz 或更高。
① 由于放大电路 (3DG6) 中含有电容 (耦合电容和结电容) 适用于低频小信号模型当频率增高时, 便不可用低频小信号模型分析, 输出电压与输入电压的相位也将产生位移, 放大倍数降低。
② 选择小信号, 使放大器进入线性区, 频率在放大器频率响应的中频段为宜。
- ⑤ 测试中, 如果将信号发生器、交流毫伏表、示波器中任一仪器的 2 个测试端子接错接位 (即不再共地) 将会出现什么问题。
① 信号发生器: 若有波形输出, 则在示波器显示一个反相波形
② 交流毫伏表: 正向电流变为负向电流, 反之亦然。
③ 示波器: 有波形产生但有干扰。

【原始记录】

V_B/V	V_E/V	V_C/V	$R_{B2}/k\Omega$	I_C/mA
2.89	2.23	7.39	56.4	1.92

$R_C/k\Omega$	$R_L/k\Omega$	u_i/V	u_o/V	A_u
2.4	∞	0.208	3.96	
2.4	2.4	0.208	2.08	
1.2	2.4	0.208	1.40	

V_s/mV	V_i/mV
----------	----------

1000	200
------	-----

V_o/V	V_L/V
2.7	1.3

f_L	f_0	f_H
f/kHz	18 Hz	1 kHz
u_o/V	1.590	2.279
		1.560

$$A_u = u_o/u_i$$

