

1 实验名称：单管交流放大电路的研究

2 实验目的

- (1) 通过典型的分压式放大电路的研究，学会检查、调整及测量电路的工作状态
- (2) 掌握电路中电压放大倍数、频率响应曲线及通频带的测量方法，学会电压放大倍数理论值的估算方法，研究电路参数变化对放大器性能的影响

3 实验原理

对于阻容耦合共涉及放大器，为使其正常工作而不产生非线性失真，博旭设置合适的静态工作点，静态工作点 Q 在三极管输入特性线性部分，同时使 Q 点位于输出特性的放大区，输入型号变化时，工作点始终在放大区内，并要求所设置的静态工作点保持稳定。

(1) 静态工作点的调整

如图 2，为实验所用的分压式偏置共发射极电路，为使电路正常工作，必须设置合适的静态工作点。其中 U_{CC} ，集电极负载 R_c ，基极电流 I_B 的变化，都会影响静态工作点 Q 的位置，如图 1 所示

当基极电流 I_B 减小时， Q 沿负载线移动至 Q_1 ；当电源电压 U_{CC} 变化时，直流负载线左右平移， Q 移动至 Q_2 ；当集电极负载 R_c 改变时，直流负载线的斜率发生变化， Q 移动至 Q_3 。

当三极管输出特性曲线较为平坦时， Q_1 点的变化最明显，且改变 I_B 实际上是调节 R_w ，故通过调节 R_w 来调节静态工作点。

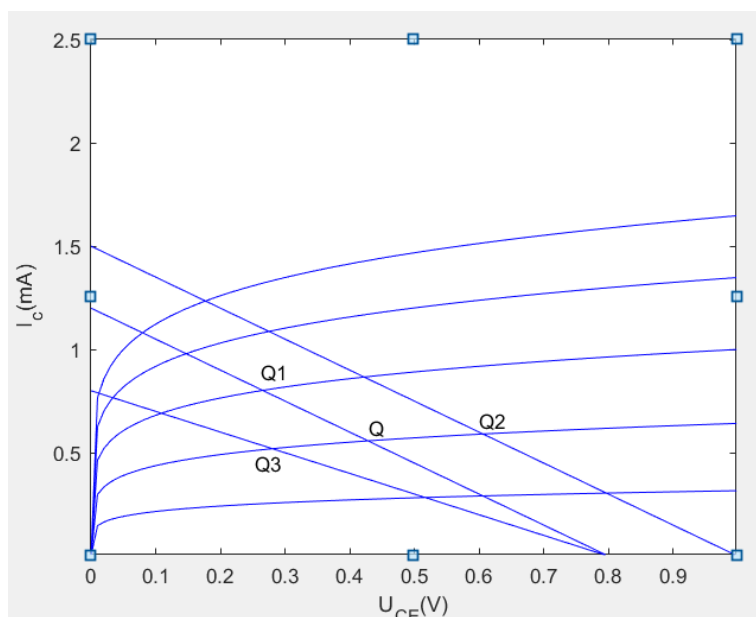


图 1: Figure example 1

(2) 放大器增益的测量

将输入电压 U_i 加至电路的输入端, 当静态工作点合适时, 输出信号应当是放大的正弦信号, 用 A_u 表示电压的放大倍数,

$$A_U = \frac{U_o}{U_i} = -\beta \frac{R_L'}{r_{be}},$$

$$R_L' = R_c \parallel R_l,$$

$$r_{be} \approx 200 + (1 + \beta) \frac{26(mA)}{I_{EQ}(mA)},$$

按图 2 接好电路, 使用示波器观察输出不是站的电压波形, 同时得到电压 U_i 和 U_o , 通过计算得到 A_u

(3) 最大不失真输出电压

U_{omax} 是不出现饱和或截止失真时, 放大器输出的最大不失真的输出电压, 最大不失真电压的峰峰值, 即为放大器的输出动态范围, 在 (1) 的基础上, 增大输入信号幅度, 同时调节 R_w 观察输出波形, 当输出波形出现失真时, $U_o = U_{omax}$

(4) 放大电路的频率特性

电压增益在中频增益 A_0 的 0.707 倍的时候, 所对用的频率即为放大器的上线频率 f_H

实验中常使用 R_c 来改变放大倍数

4 实验电路图

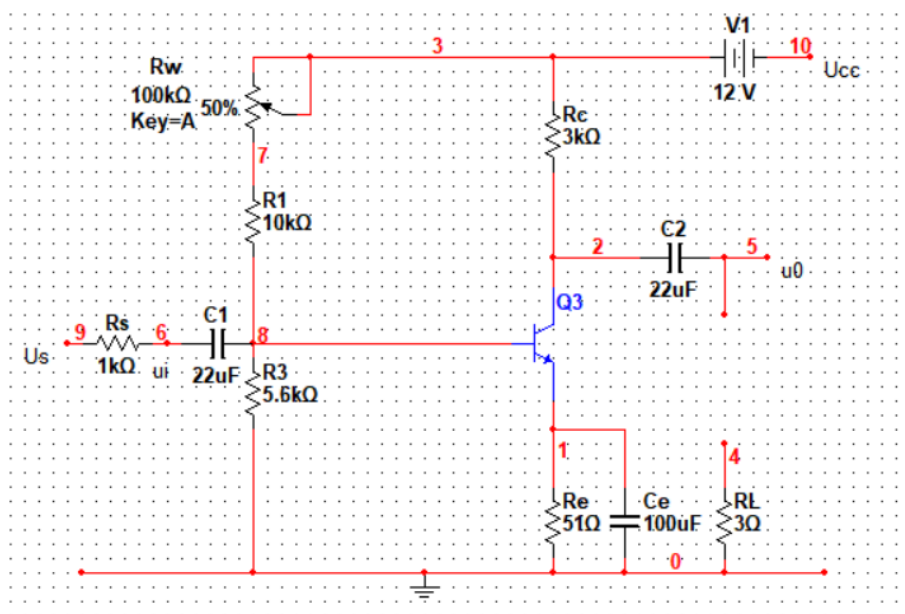


图 2: Figure example 2

5 实验内容及步骤

5.1 静态工作及电压放大倍数的测量

- (1) 按照图 2 连接电路，接通电源，调节 R_w 使 $I_{CQ}=2\text{mA}$
- (2) 测量 U_{CQ}, U_{BQ}, U_{EQ} (3) 分别将 R_w 调至最大和最小，观察截止失真的波形

5.2 基本放大电路通频带及频幅特性的测量

- (1) I_{CQ} 调至 2mA，恢复正常静态工作点
- (2) 保持输入信号 (5mV) 不变，改变输入信号的频率，找到电压降至 0.07 U_o 时对应的信号频率。

5.3 观察 R_C, R_L 对放大器静态工作点、电压放大倍数的影响

- (1) 将 R_c 改为 $1k\omega$
- (2) 测量 $U_{CQ}, U_{BQ}, U_{EQ}, U_i, U_o$, 计算 A_u


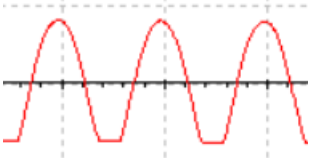
R_w	工作点测量值				U_i	U_o	Au	
	I_{CQ}	U_{CQ}	U_{BQ}	U_{EQ}			实测值	理论值
正常值	2mA	6.0V	0.696V	0.50V	5mV	-1.275V	-2.55×10^2	-230
		1V			(输出波形) 			
		10V			(输出波形) 			

表 1: 静态工作点及电压放大倍数的测量

$f(Hz)$	10	20	50	100	200	500	10^3	5×10^3	10^4	2×10^4	10^5	f_{Hz}
$U_o(v)$	-0.415	-0.443	-0.523	-0.680	-0.935	-1.199	-1.275	-1.303	-1.280	-1.310	-1.282	185
$A_u = \frac{U_i}{U_o}$	-83	-88.6	-104.6	-136	-187	-239.8	-255	-260.6	-256	-262	-256.4	

表 2: 基本放大电路通频带、幅频特性的测量

R_c	R_L	U_{CQ}	U_{BQ}	U_{EQ}	U_i	U_o	$A_u = \frac{U_o}{U_i}$
$3k\Omega$	$3k\Omega$	6.0V	0.696V	0.05V	0.005V	-1.275V	-255
$1k\Omega$	∞	2.0V	0.696V	0.051V	0.005V	-0.385V	-7.7

表 3: 观察 R_c 、 R_L 对放大器静态工作点、电压放大倍数的影响

6 实验设备和器材

- (1) 双踪示波器 1 台
- (2) 函数信号发生器 1 台
- (2) 直流稳压电源 1 台
- (2) 模拟电路实验箱 1 台
- (2) 万用表 1 只
- (2) 元器件

7 误差处理

$$u(A_U) = \frac{A_u - A_{u0}}{A_u} \times 100\% = 9.8\%$$

- (1) 误差可能是器件老化造成。
- (2) 三极管存在沟道长度调制效应。

8 结论

- (1) 综上所述, 得到静态工作点为 U_{CQ} 为 6V 时, 处于静态工作点。
- (2) 频幅特性如下图 3, f_H 为 185Hz
- (3) R_c 和 R_L 会对静态偏置点和放大倍数造成影响。

9 思考题

- (1) 如何调节最佳静态工作点?

根据电路器件参数计算得到理论值, 然后在测试中调节得到最佳静态工作点

- (2) 电容 C_E 去掉后, 静态工作点是否受到影响? 电压放大倍数? 为什么?

静态工作点不受到影响, 电压放大倍数不受影响。

静态工作点由直流源决定, 但是电容器对于直流电路相当于断路, 与静态偏置点无关。对于交流电路, 电容器相当于短路, 因此对于放大倍数没有影响

- (3) 输出端接负载 R_L 后, 电压增益是否受到影响

由于 $R'_L = R_C \parallel R_L$ 因此负载 R_L 的值对 A_u 有影响

(4) 调节放大器的静态工作点 Q 时, 上篇值电阻由 R_L 和 R_w 组成, 能否直接调节 R_w ?

可以直接调节 R_w

(5) 由估算公式 $A_U = \frac{U_o}{U_i} = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$, 增大 R_c 可以提高 A_u , 是否无限增大 R_c ? 为什么? 分析有源负载的作用。

不可以, R_c 的改变会导致静态工作点的改变, 要保证放大器在最佳静态工作点。

有源负载是一种表现出稳流非线性电阻特性的元件或电路。在电路设计中, 有源负载是一种由有源器件组成的电路元件。晶体管等有源器件对小信号产生高阻抗, 但不需要很大的直流电压降, 这种特性类似于阻值很大的电阻。

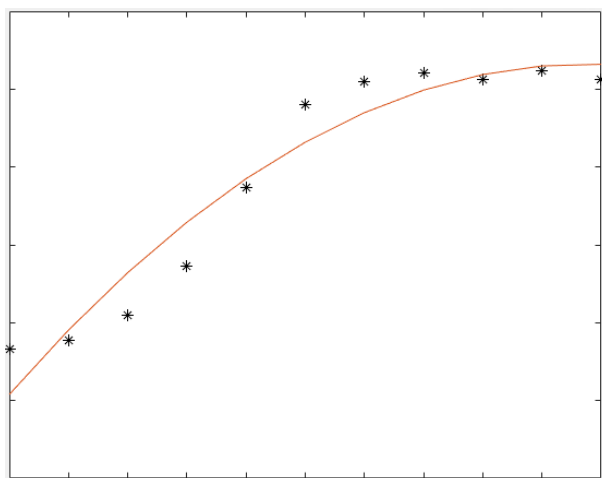


图 3: Figure example 3