

实验报告

课程名称: 模拟电子技术实验 实验名称: 实验二: 单管交流放大电路

专业-班级: 自动化1班 学号: 210320111 姓名: 吕家昊

实验日期: 2023 年 4 月 14 日 评分: _____

教师评语:

助教签字: _____

教师签字: _____

日期: _____

实验预习

实验预习和实验过程原始数据记录

预习结果审核：_____ 原始数据审核：_____

（包括预习时，计算的理论数据）

注意：所有的波形都必须拍照保存，用于课堂检查和课后分析。

表 2-2 静态工作点数据

实测数据										根据实测计算的数据		
U_{BE}/V	U_{CE}/V	V_B/V	V_E/V	V_C/V	$R_e/k\Omega$	$R_c/k\Omega$	$R_P/k\Omega$	$R_{b1}/k\Omega$	$R_{b2}/k\Omega$	$I_B/\mu A$	I_C/mA	β
0.6204	6.024	2.3854	1.7684	7.786	2.3693	0.9896	19.025	19.905	19.935	127.31	1.7756	13.97

表 2-3 C_e 对放大倍数的影响

条件	$U_i(mV)$	$U_o(V)$	A_u	u_i 和 u_o 波形
$C_e=47\mu F$	10.0	1.31	-131	
C_e 断开	10.0	0.0228	-2.28	

表 2-4 测量电压放大倍数

条件	$U_i(mV)$	$U_o(V)$	A_u
$R_L = \infty$ (R_P 不变)	10.0	1.31	-131
$R_L = 10k\Omega$ (R_P 不变)	10.0	1.06	-106
$R_L = 1k\Omega$ (R_P 不变)	10.0	0.387	-38.7

表 2-5 静态工作点对输出电压波形的影响

		R_P 合适 静态工作点合适	R_P 减小 静态工作点接近饱和区	R_P 大 静态工作点接近截止区
Q 点	测量参数/V	$U_{CE}=3.4882V$	$U_{CE}=1.2663V$	$U_{CE}=10.708V$
		$U_{BE}=0.6328V$	$U_{BE}=0.6421V$	$U_{BE}=0.5835V$
		$V_B=3.1426V$	$V_B=3.8096V$	$V_B=0.9524V$
		$V_C=6.013V$	$V_C=4.4382V$	$V_C=11.110V$
	计算静态值	$I_B=24.427\mu A$	$I_B=13.659\mu A$	$I_B=30.586\mu A$
		$I_C=2.526mA$	$I_C=3.192mA$	$I_C=0.376mA$
最大不失真输出电压有效值		2.27V	834mV	119mV
画输入和输出电压波形				

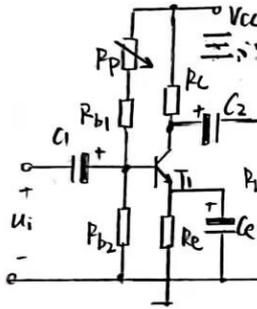
一、实验目的

1. 掌握单管交流电压放大电路工作原理，掌握放大电路静态工作点调试方法。
2. 了解静态工作点改变对放大电路性能影响
3. 观察饱和失真，截止失真对放大电路输出波形影响。
4. 进一步熟悉示波器、低频信号发生器、直流稳压电源、万用表使用

二、实验设备及元器件

直流稳压电源	1台	DP832A
信号发生器	1台	Tek AFG1062或DG4062
示波器	1台	Tek MSD2012B
手持万用表	2台	Fluke F287C, Fluke 17BT
三极管(NPN)	1只	9013x1
电阻	若干	20kΩx2, 1kΩx2, 100kΩx2, 2.4kΩx1, 1MΩ
可调电阻器	2只	220kΩx1, 100kΩx1

电容 2只 10μF/15V x1
4μF/35V x1
短路桥、导线若干 P8-1.5x4.8
实验用93L插件万板 1块
300mm x 298mm



三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

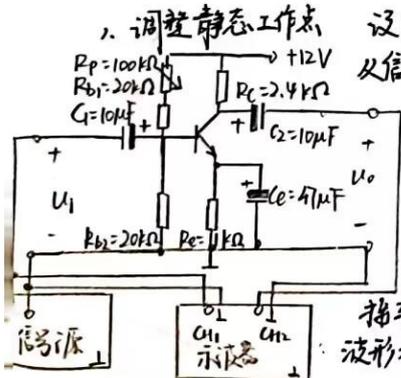
图中晶体管为非线性元件，若使放大器产生非线性失真，必须建立合适静态工作点，使晶体管工作在放大区。若Q点过低（ I_B 小， I_C 小， U_{CE} 大），晶体管产生截止失真；若Q点过高（ I_B 大， I_C 大， U_{CE} 小），晶体管产生饱和失真。调节基极电阻 R_p 即可调整静态工作点。

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = -\beta \frac{R_L}{R_{be}}$$

四、实验过程

（叙述具体实验过程的步骤和方法，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验数据见表1-”）

示波器观测时需用AC耦合提取交流分量分析。



1. 调整静态工作点
 - ① 设 U_i 为正弦信号， $U_i = 10\text{mV}$ ， $f = 1\text{kHz}$ 从信号发生器取出，交流毫伏表或万用表 mV 档监测。
 - ② 直流12V从直流稳压电源取出，万用表直流电压档监测。
 - ③ U_i 、12V接入电路。
 - ④ 接入示波器，CH1档接入，CH2档接入，稳定后用AC耦合，观察波形是否放大。
 - ⑤ 关闭信号源，调平 R_p ，使 $U_C = 6\text{V}$ 左右。
 - ⑥ 万用表直流电压档监测 U_{BE} 、 U_{CE} 、 V_B 、 V_C 、 V_E 电阻档测 R_C 、 R_E 、 R_p 、 R_{b1} 、 R_{b2} 。

2. C_e 影响

接入 $1\text{M}\Omega$ 负载，保持 R_p 不变，接通信号发生器，保持输入正弦信号 $U_i = 10\text{mV}$ ， $f = 1\text{kHz}$ ，万用表交流 mV 档测 U_i ，交流电压档测 C_e 变化时输出电压 U_o 。

3. 测量电压放大倍数

保持静态工作点不变， $C_e = 47\mu\text{F}$ ，接通信号发生器，测量负载及开路下 U_o 。

4. 观测静态工作点对输出电压波形影响

① 静态工作点最佳位置时增大 U_i ($U_i < 40\text{mV}$)，记录最大不失真输出电压有效值。

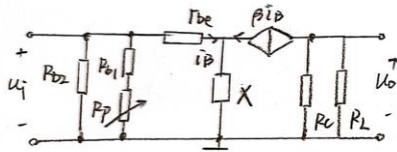
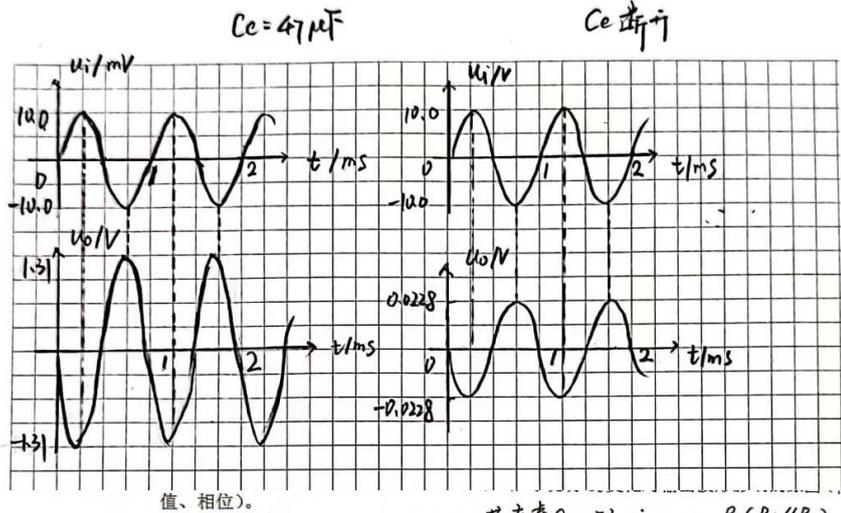
② 调小 R_p (V_C 为 5V 以内)，出现饱和失真。

③ $R_p = 100\text{k}\Omega$ ， $R_p = 220\text{k}\Omega$ 可调，调大 R_p (如 $V_C = 11\text{V}$)， $U_i = 20\text{mV}$ 失真。

五、实验数据分析

（按指导书中实验报告的要求用图表或曲线对实验数据进行分析和处理，并对实验结果做出判断，如需绘制曲线请在坐标纸中进行）

- 1、在同一时序下，绘制表 2-3 中 u_i 和 u_o 波形，推导说明 C_e 变化对输出波形影响的原因（幅值、相位）。



若考虑 C_e ，则 $A_u = - \frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1+\beta)X}$
 其中 $X = R_e // \frac{1}{j\omega C_e}$

C_e 断开时 $(1+\beta)X = 14.81 k\Omega$ $3.34 \angle 89.89^\circ$
 $C_e = 47 \mu F$ 时 $(1+\beta)X = \frac{14.81 k\Omega}{1 + j\omega R_e C_e}$

则 C_e 使 A_u 分母减小，故能增大幅值，另一方面 $r_{be} \gg (1+\beta)X$

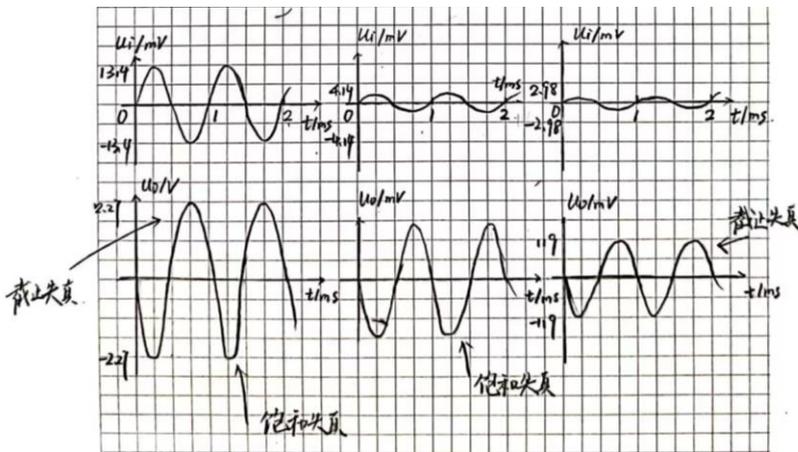
- 2、根据表 2-4，并推导分析负载变化对交流电压放大倍数的影响原因。则 C_e 产生相移较小。

- 2、根据表 2-4，并推导分析负载变化对交流电压放大倍数的影响原因。

$$A_u = - \frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be}}$$

可知当 R_L 增大时， $|A_u|$ 相应增大。事实上，若将微变等效电路中的流控电流源与 R_C 进行戴维南等效，则 R_L 越大，电源上的分压相应越大，表现为 $|A_u|$ 更大。

- 3、绘制表 2-5 中的 u_i 和 u_o 波形，并注明失真判断。



六、问题思考

（回答指导书中的思考题）

1. 输入信号合适的情况下，晶体管放大电路出现饱和失真或截止失真的原因是什么？在电路中应调整哪个元件才能消除失真？

晶体管出现饱和失真可能是因为 Q 点过高（ I_B 大而 U_{CE} 小），可调大 R_P 消除。

晶体管出现饱和失真可能是因为 Q 点过低（ I_B 小而 U_{CE} 大），可调小 R_P 消除。

2. 在此次使用的放大电路中，如何提高电压放大倍数？

增大负载 R_L 阻值，或是使用电容 C_e 与电阻 R_e 并联。

3. 总结失真类型的判断方法，说明本实验中的放大电路的输出出现削顶失真时，为截止失真，还是饱和失真？这一结论适用于由 PNP 型管构成的共射级放大电路吗？请说明理由。

当出现失真时，若已知三极管类型，可直接通过失真出现位置进行判断。同时，也可通过调节静态工作点，通过失真消除时工作点调整方向进行判断。

本实验削顶失真为截止失真。而对于 PNP 共射放大电路， $|i_B|$ 增大时 u_{CE} 增大（ $u_{CE} < 0$ ），此时截止失真出现在底部，饱和失真出现在顶部。

七、实验体会与建议