

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7班 学号: 220320726 姓名: 彭尚品

实验日期: 2024 年 5 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
0.6282	5.996	2.3971	1.7741	7.770	2.3690	0.9879	53.65	19.939	19.830	9.61	1.7856	185.81

表 2-3 C_c 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
$C_c=47\mu F$	9.984	1.3009	130.298	
C_c 断开	9.982	0.032251	3.2309	

$C_c=47\mu F$

C_c 断开

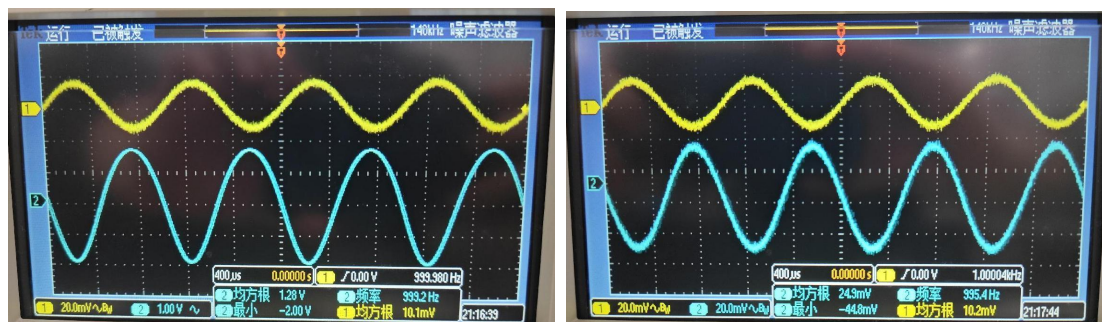
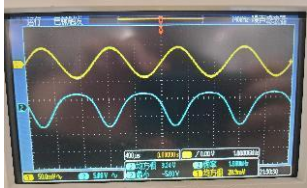
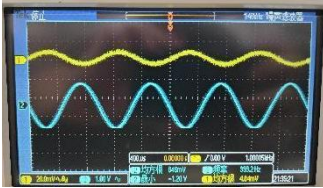
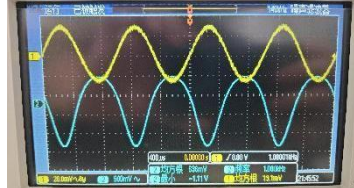


表 2-4 测量电压放大倍数

条件	$U_i(mV)$	$U_o(V)$	A_u
$R_L = \infty$ (R_P 不变)	9.980	1.3158	131.84
$R_L = 10k\Omega$ (R_P 不变)	9.979	1.07250	107.48
$R_L = 1k\Omega$ (R_P 不变)	9.980	0.39464	39.54

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	$U_{CE}=5.993$	$U_{CE}=1.3775$	$U_{CE}=10.611$
		$U_{BE}=0.6282$	$U_{BE}=0.6475$	$U_{BE}=0.5922$
		$V_B=2.3971$	$V_B=3.7816$	$V_B=1.0018$
		$V_C=7.770$	$V_C=4.5125$	$V_C=11.017$

计算静态值	$I_B=9.61\mu A$	$I_B=17.01\mu A$	$I_B=2.233\mu A$
	$I_C=1.7856mA$	$I_C=3.1606mA$	$I_C=0.4149mA$
最大不失真输出电压有效值	3.3664V	0.90847V	0.64087V
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的放大原理，掌握放大电路静态工作点的调试方法。
- 2、了解静态工作点的改变对放大电路性能的影响。
- 3、观察饱和失真和截止失真对放大电路输出电压波形的影响。
- 4、进一步熟悉示波器、低频信号发生器、直流稳压电源及万用表的使用。

二、实验设备及元器件

表 2-1 实验仪器与器件列表

	名称	数量	型号
1	直流稳压电源	1 台	DP832A
2	信号发生器	1 台	Tek AFG1062 或 DG4062
3	示波器	1 台	Tek MSO2012B
4	手持万用表	2 台	Fluke F287C、Fluke 17B+
5	三极管 (NPN)	1 只	9013×1
6	电阻	若干	20kΩ×2、1kΩ×2、100 kΩ×1、2.4 kΩ×1、
7	可调电阻器	2 只	220kΩ×1、100 kΩ×1
8	电容	2 只	10μF/15V×、47μF/35V×1
9	短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
10	实验用 9 孔插件方板	1 块	300mm×298mm

三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

单管交流电压放大电路的最典型电路是共发射极分压偏置式交流电压放大电路，电路如图 2-1 所示。在图 2-1 中，晶体管为非线性元件，要使放大器不产生非线性失真，就必须建立一个合适的静态工作点，使晶体管工作在放大区。若 Q 点过低 (I_B 小，则 I_C 小， U_{CE}

大），晶体管进入截止区，产生截止失真（如图 2-2b）； Q 点过高（ I_B 、 I_C 大， U_{CE} 小），晶体管将进入饱和区，产生饱和失真（如图 2-2a）。调节基极电阻（电位器） R_p 即可调整静态工作点。

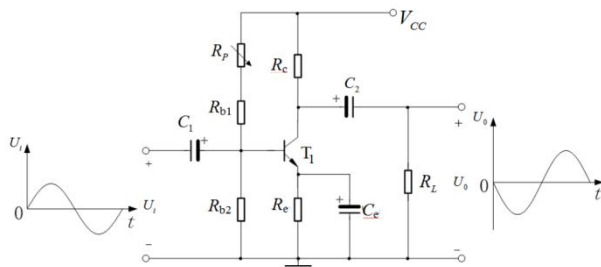


图 2-1 分压偏置式共发射极交流电压放大电路

测量电压放大倍数应保证静态工作点在最佳位置，输出电压波形幅度最高且不失真的前提下进行。

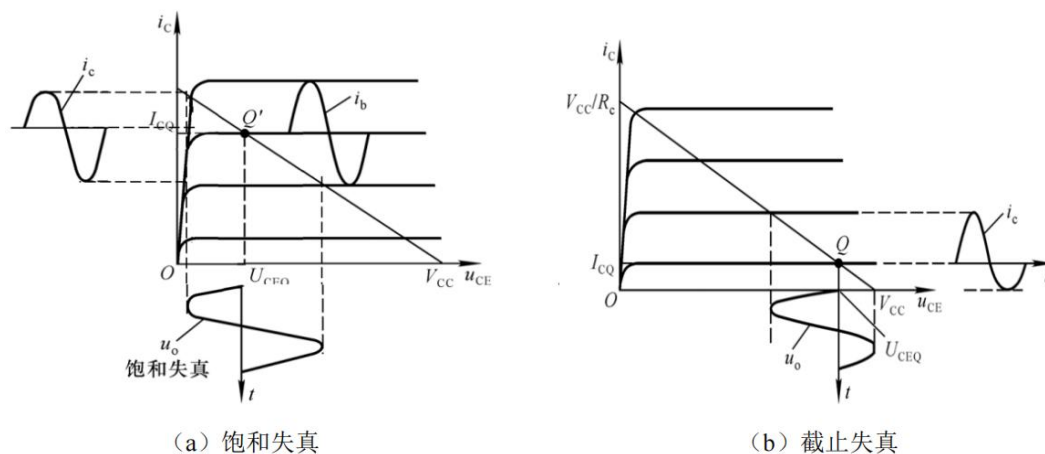


图 2-2 共发射极交流电压放大电路，静态工作点不同造成的饱和失真和截止失真外特性图

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-*”）

答：本次实验研究的是交流放大电路，所以输入信号和输出信号都是交流，在用示波器观测信号时，需要用 AC 耦合来提取出信号的交流分量来测量分析。

在实验前，需用万用表的二极管测试端，测试实验使用的三极管是否正常，如果正常才能进行下面实验接线。

用万用表测试时，不使用表笔，使用香蕉头的导线，减小接触电阻。

1、调整静态工作点

实验电路按图 2-3 接线 $V_{cc} = 12V$ 。

设输入信号 U_i 为正弦信号，其有效值 $U_i = 10mV$ ，频率 $f = 1kHz$ 。此信号从信号发生器取出，用交流毫伏表或者万用表交流 mV 档监测。

直流电压 12V 从直流稳压电源中取出，用万用表的直流电压档监测。按以下步骤调整静态工作点：

第一步，将输入信号 $U_i = 10\text{mV}$ 接入电路中，将直流电压 12V 接入电路中。检查电路无误后，接通电源。

第二步，按图 2-3 所示接入示波器，通道 CH1 接放大电路的输入端，通道 CH2 接放大电路的输出端。注意：示波器和直流稳压电源、信号源要共地。用示波器观察放大电路的输出电压波形，等待输出电压稳定以后，采用示波器的 AC 耦合，观察波形是否得到了放大。

第三步，关闭信号源，调节电位器 R_p ，调节静态工作点到理论最佳位置（ $U_{CE}=6\text{V}$ 左右）。用示波器观察放大电路的输出电压波形，经过一段时间，等待输出电压稳定以后，采用示波器的 AC 耦合，用 measure 测试输出电压交流分量的有效值，当输出电压幅值达到最大且波形不失真时，此时静态工作点位置最佳，即工作点已经调好。

第四步，工作点调好之后，用万用表的直流电压挡分别测量 U_{BE} 、 U_{CE} 、 V_B 、 V_C 、 V_E ，用电阻档测试电阻实际值 R_p 、 R_{b1} 、 R_{b2} 、 R_c 、 R_e （拔出来测量），并计算 I_B 、 I_C 和 β 的数值，将相关数据计入表 2-2 中。

2、 C_e 的影响

在图 2-3 中，当静态工作点测量完毕之后，接入 $1\text{M}\Omega$ 负载电阻，保持静态工作点不变（ R_p 不变），接通信号发生器。保持输入正弦信号电压有效值 $U_i=10\text{mV}$ ，频率 $f=1\text{kHz}$ 不变（万用表交流 mV 档监测）。用万用表交流 mV 档测量输入电压 U_i ，用交流电压档测量 C_e 变化时的输出电压 U_o ，计算电压放大倍数填入表 2-3 中。

在改变 C_e 时，需要断开信号源和直流稳压电源。

说明 C_e 对放大倍数的影响。用示波器的 AC 耦合，观察输入电压和输出电压的波形，在同一时序下记录 u_i 和 u_o 波形，并思考推导说明 C_e 变化对输出波形影响的原因。

3. 测量电压放大倍数

在图 2-3 中，保持静态工作点不变， $C_e=47\mu\text{F}$ ，接通信号发生器。保持输入正弦信号电压有效值 $U_i=10\text{mV}$ ，频率 $f=1\text{kHz}$ 不变（万用表交流 mV 档监测）。分别用万用表交流电压档测量负载开路和有载情况下的输出电压有效值 U_o ，计算交流电压放大倍数填入表 2-4 中，并推导分析负载变化对交流电压放大倍数的影响原因。

4. 观测静态工作点对输出电压波形的影响

实验电路按图 2-3 接线，接入 $1\text{M}\Omega$ 负载电阻。按以下步骤调整静态工作点，测量数据填入表 2-5 中。该实验中，截止失真指的是输出电压波形上部出现明显平坦区域，示波器观察集电极电位 V_C 峰值约为 11.5V 左右。饱和失真指的是输出电压波形下部出现明显平坦区域。输出波形会出现不对称现象，是由于晶体管非线性引入的失真，在该实验中忽略。输入输出波形测量均为 AC 耦合。

(1) 静态工作点合适的情况

按照 1.节的步骤，将测量结果重新填入表 2-5 中。维持静态工作点在最佳位置时，保持输入正弦信号电压有效值 $U_i=10\text{mV}$ ，频率 $f=1\text{kHz}$ 不变，观察输出电压波形，波形画在表 2-5 中。然后逐渐增大 U_i ，注意 $U_i<40\text{mV}$ ，记录最大不失真输出电压有效值，进一步增大 U_i ，观察输出电压波形，使输出电压波形同时出现饱和失真与截止失真，波形画在表 2-5 中。

(2) 饱和失真的情况（静态工作点接近饱和区）

将 R_B 的阻值逐渐调小，提高静态工作点（例如，集电极电位 V_C 为 5V 以内），输入信号保持不变，观察输出电压波形，波形出现饱和失真，在表 2-5 中画出输出电压波形。然后逐渐减小 U_i ，记录最大不失真输出电压有效值。然后关断信号源，用万用表的直流电压挡测量 U_{BE} 、 U_{CE} 、 V_B 、 V_C 的电压值，使用 2.中测得的电阻实际值，计算 I_B 、 I_C ，填入表 2-5 中。

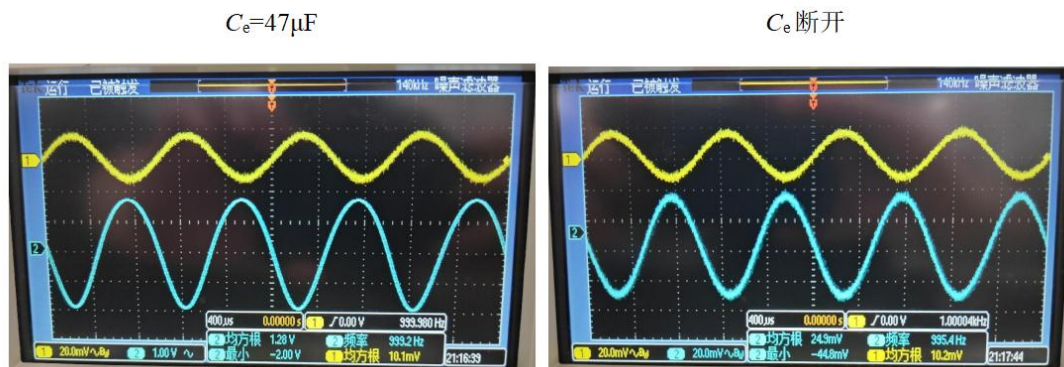
(3) 截止失真的情况

首先断开直流电源，更换两个电阻，即 $R_{B1}=100\text{k}\Omega$ ， $R_B=220\text{k}\Omega$ 可调电阻，按照 1.节的步骤，调节 R_B ，将 R_B 的阻值逐渐调大，降低静态工作点（例如，集电极电位 V_C 为 11V），输入信号 $U_i=20\text{mV}$ ，观察输出电压波形，波形出现截止失真，在表 2-5 中画出输出电压波形。然后逐渐减小 U_i ，记录最大不失真输出电压有效值。然后关断信号源，用万用表的直流电压挡测量 U_{BE} 、 U_{CE} 、 V_B 、 V_C 的电压值，使用 2.中测得的 R_B 、 R_C 实际值，计算 I_B 、 I_C ，填入表 2-5 中。

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处理，并对实验结果做出判断，如需绘制曲线可以用软件）

- 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）。



答：去掉旁路电容 C_e 后，电压放大倍数 A_u 的绝对值大幅减小，放大电路的放大能力大幅度下降。但是 A_u 的符号是负，输出电压和输入电压反相

- 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。

负载电阻大小	电压放大倍数的大小
--------	-----------

$R_L = \infty$	131.84
$R_L = 10k\Omega$	107.48
$R_L = 1k\Omega$	39.54

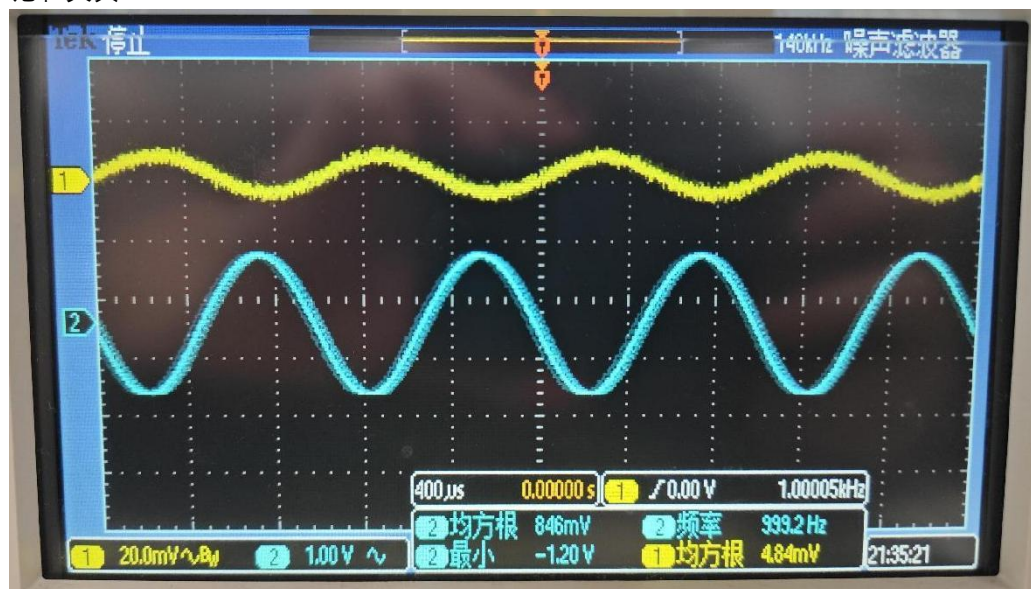
由表可知，负载电阻 R_L 越小，电压放大倍数越小。

3、绘制表 2-5 中的 u_i 和 u_o 波形，并注明失真判断。

饱和失真+截止失真：



饱和失真：



截止失真：



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？

答：晶体管放大电路出现饱和失真或截止失真的原因主要是静态工作点的选择不当。 R_p 过大时容易导致截止失真， R_p 过小时容易导致饱和失真。在电路中，应调整偏置电阻 R_p 来消除失真，使晶体管工作在放大区。

2. 在此次使用的放大电路中，如何提高电压放大倍数？

答：增大负载电阻 R_L ，使得输出电阻增大，从而增大电压放大倍数；换 β 更大的三极管。

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。

答：判断失真类型的方法主要是通过观察输出波形。如果输出波形的上部（正半周期）出现明显的平坦区域，那么这是截止失真；如果输出波形的下部（负半周期）出现明显的平坦区域，那么这是饱和失真。这一结论对于由 PNP 型管构成的共射级放大电路也同样适用，因为无论是 NPN 型管还是 PNP 型管，其工作原理和特性曲线都是相同的，只是电流和电压的方向相反。

七、实验体会与建议

很好，增强了动手能力。