

实验 03 共射极晶体三极管单管放大电路

实验学生个人信息栏

课序号： 02 班级： 软 2104 学号： 20212241212 姓名： 张亚琦

实验 03 得分：

实验教师（签字）： _____

一、实验目的及内容概述

- (1) 通过使用 Altium Designer 绘制了共射极晶体管三极管单管放大电路图，并通过改变元件参数进行了多组静态工作点的仿真；
- (2) 模拟并分析了负载电阻分别处于 2.4k 和无穷大时的输出电压；
- (3) 通过对数个静态工作点的分析成功模拟了饱和失真和截止失真的曲线图；
- (4) 使用最小二乘法拟合了 I_c 和 u_{CE} 关系的直流负载曲线图。

二、实验设备与器件

使用软件：Altium Designer、Excel、MATLAB

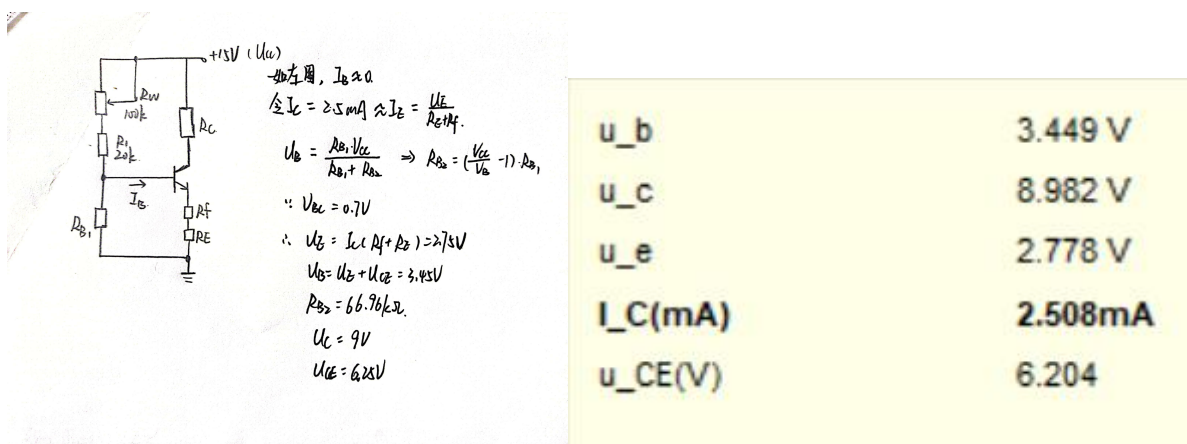
实验器件：

序号	所需元件信息	
	名称	标识符
1	正弦交流电	Vin
2	+15V 直流稳压电源	Vcc
3	电位器	Rw
4	电阻	R1 等
5	电解电容	C1 等
6	NPN 型三极管	Q1
7	直流电源地	GND

三、实验过程及结果分析

(1) 静态工作点分析

利用所学的模电知识求得 $I_c=2.5mA$ 时的对应电路中的参数值，并发现与仿真差别不大。

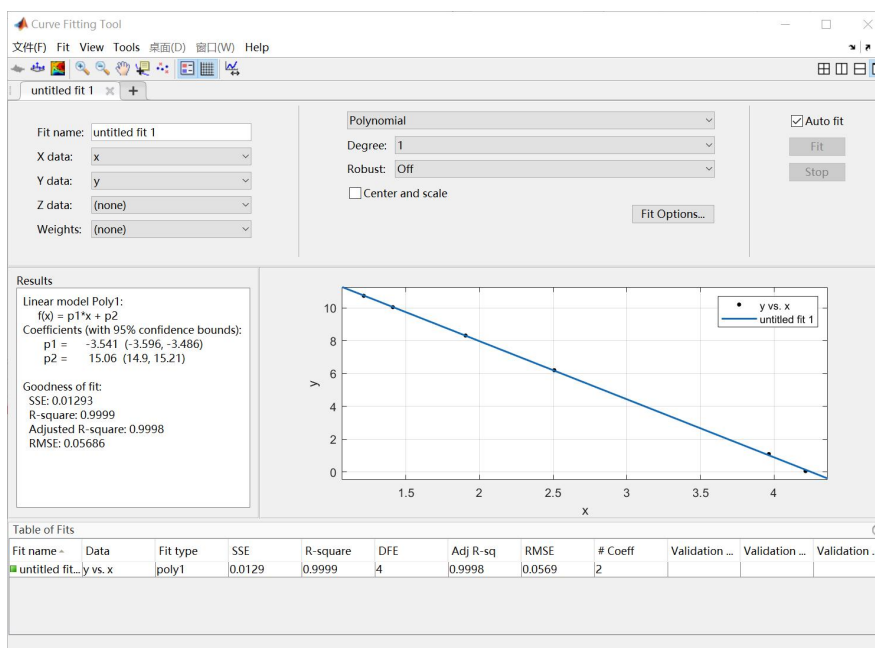


(2) 直流负载线求解

$$U_{CE} = V_{CC} - U_{CE}(R_f + R_E + R_C)$$

$$= 15 - 3.5I_C$$

根据附图3.6，曲线方程为： $y = -3.541 * x + 15.06$ 易知由方程所推得的关系式与拟合所得的关系式基本一致。



(3) 交流动态分析

1. $R_L = 2.4K\Omega$ 时:

$$U_i = i_b r_{be} + (1 + B) i_b \cdot R_f$$

$$U_u = -i_e (R_c // R_2) = -B i_b (R_c // R_2)$$

$$\Rightarrow A_u = -10$$

2. R_L 趋向于正无穷（此处取 $2400K\Omega$ ）时:

$$U_i = i_b r_{be} + (1 + B) i_b \cdot R_f$$

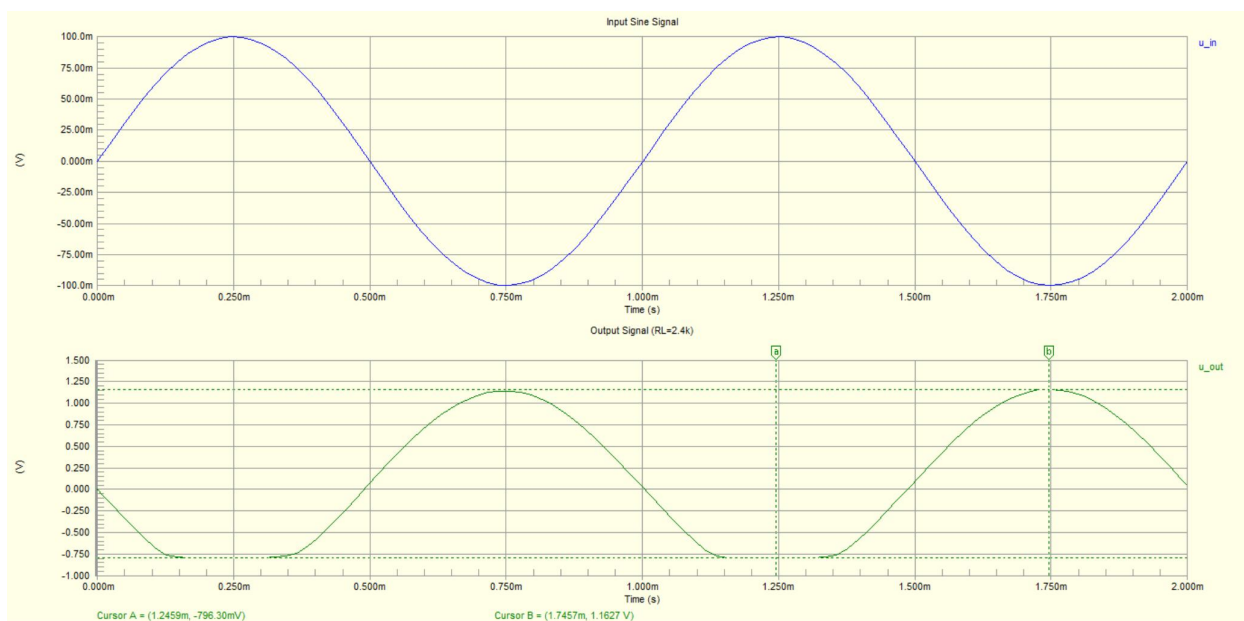
$$U_u = -i_e (R_c // R_2) = -B i_b (R_c // R_2)$$

$$\Rightarrow A_u = -20$$

与附图 3.2 和 3.3 中的倍数基本一致（详见附录）。

（4）饱和/截止失真情况的探究

1. 饱和失真：

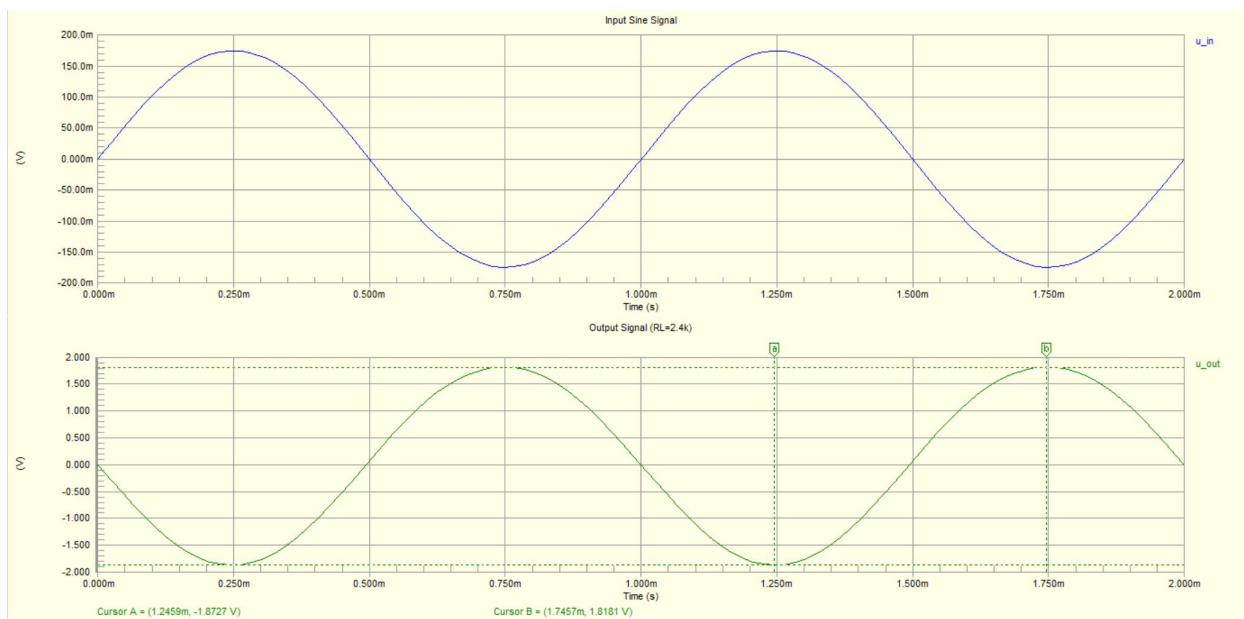


如图，当 Q 靠近晶体三极管的饱和区时，输出正弦波的底部为平直的图像。

通过实验发现：负载电阻越大，此平直效果越明显。

因此可得结论：失真波形的改变和负载电阻有关。

2. 截止失真：



由图可知，只通过减小负载电路，并不能获得明显的截止失真图像。

四、实验总结、建议和质疑

本次实验中,我进一步熟练了 Altium Designer 和 MATLAB 的操作。我觉得做此类实验时的过程很有趣。只可惜，每次都做的比较晚，比较赶，某些细节没时间扣，就直接在网上搜。之后一定改正。

五、附录

附图 3.1 共射极晶体管单管放大路的设计与静态工作点仿真

附图 3.2 负载电阻 R_L 为 2.4K 时交流电压输入输出关系曲线图

附图 3.3 负载电阻 R_L 为无穷大时交流电压输入输出关系曲线图

附图 3.4 饱和失真时交流电压输入输出关系曲线图

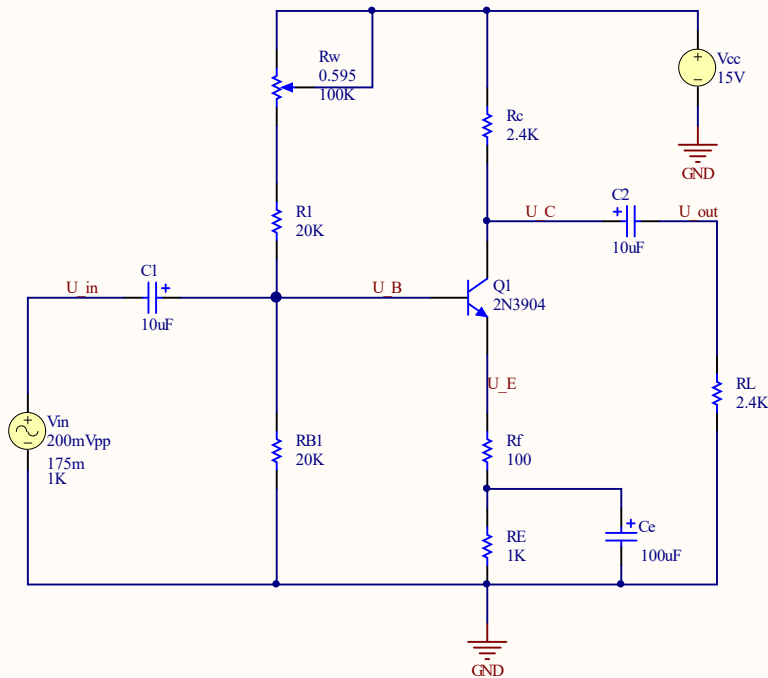
附图 3.5 截止失真时交流电压输入输出关系曲线图

附图 3.6 利用最小二乘法拟合生成 $i_c(\text{mA})$ 和 $u_{CE}(\text{V})$ 关系的直流负载线

附图3.1 共射极晶体管单管放大电路的设计与静态工作点仿真

课序号：02 班级：软2104 学号：20212241212 姓名：张亚琦

(a) 电路仿真原理图



(b) 六组静态工作点

(1) Rw设为0.595时的静态工作点

u_b	3.449 V
u_c	8.982 V
u_e	2.778 V
I_C(mA)	2.508mA
u_CE(V)	6.204

(2) Rw设为0.01时的静态工作点

u_b	1.995 V
u_c	12.09 V
u_e	1.345 V
I_C(mA)	1.214mA
u_CE(V)	10.74

(3) Rw设为0.15时的静态工作点

u_b	2.218 V
u_c	11.61 V
u_e	1.564 V
I_C(mA)	1.411mA
u_CE(V)	10.05

(4) Rw设为0.4时的静态工作点

u_b	2.773 V
u_c	10.43 V
u_e	2.110 V
I_C(mA)	1.905mA
u_CE(V)	8.322

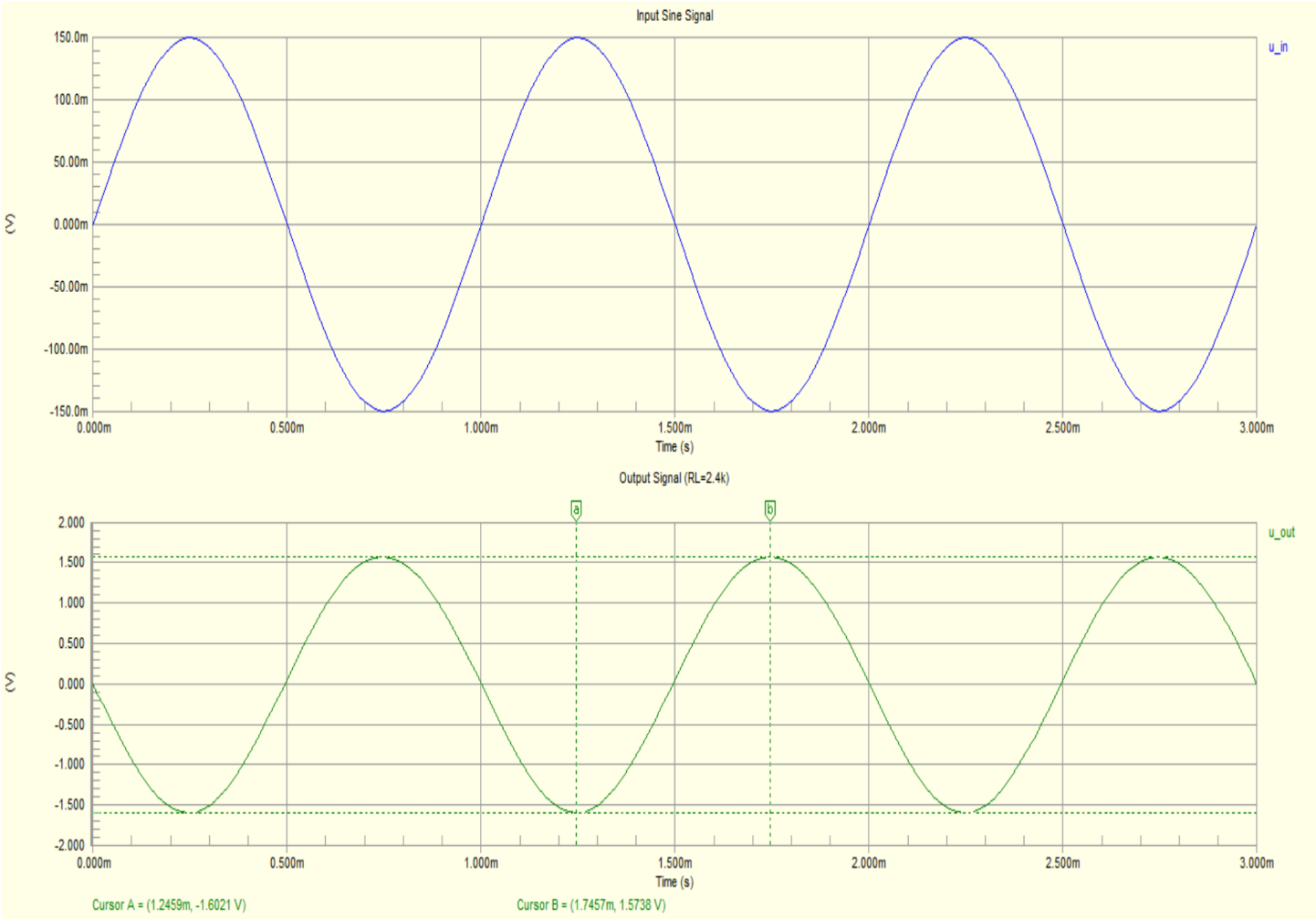
(5) Rw设为0.85时的静态工作点

u_b	5.079 V
u_c	5.484 V
u_e	4.394 V
I_C(mA)	3.965mA
u_CE(V)	1.091

(6) Rw设为0.99时的静态工作点

u_b	5.523 V
u_c	4.886 V
u_e	4.828 V
I_C(mA)	4.214mA
u_CE(V)	57.18m

附图 3.2 负载电阻 R_L 为 2.4K 时交流电压输入输出关系曲线图



通过仿真,可以观察得到频率、周期等数值,使用 CursorA/B 功能可以更为准确的得到 u_{out} 的最大值和最小值,观测数据如下表所示

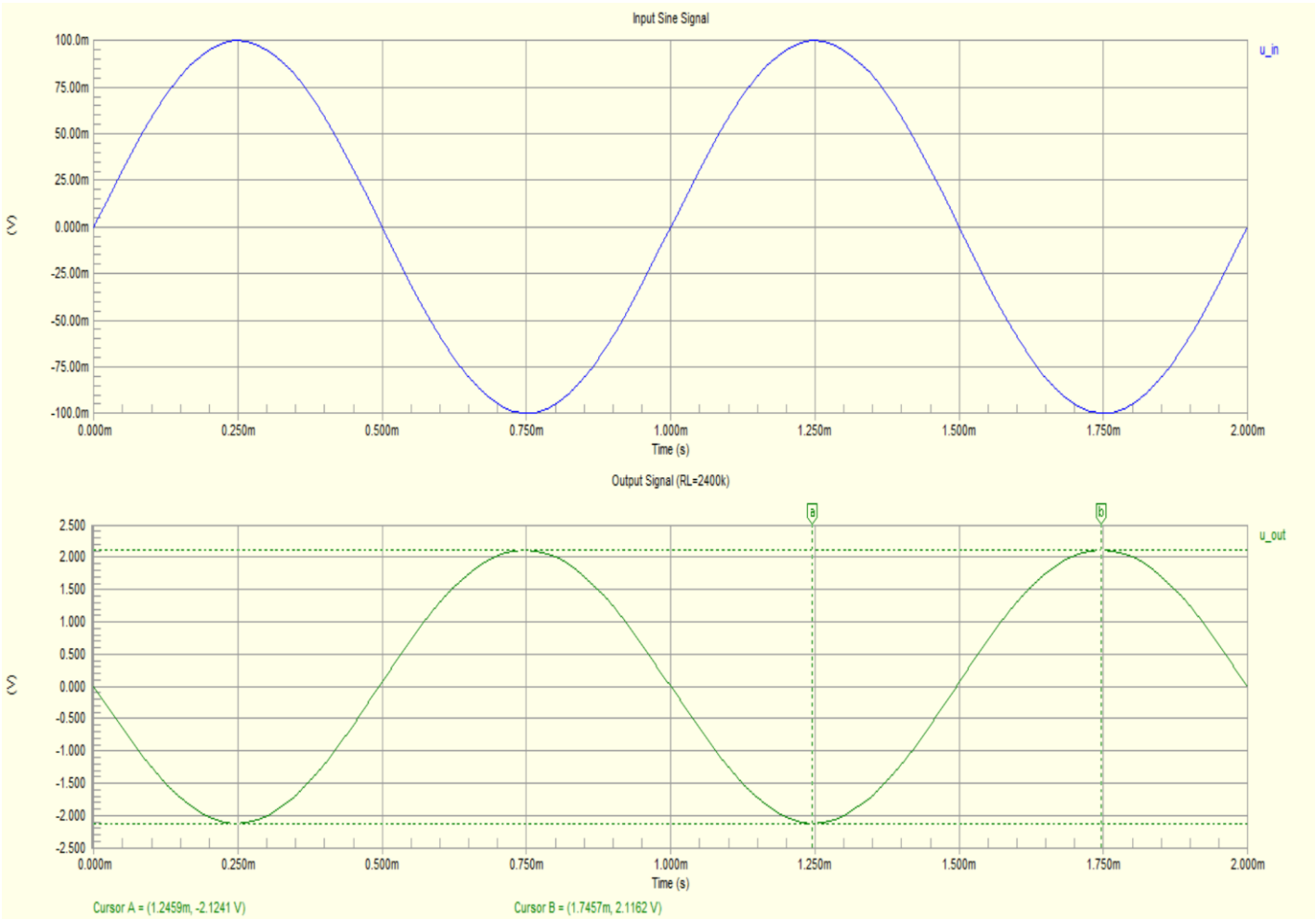
	频率 (Hz)	周期 (s)	最大值 (V)	最小值 (V)
输入信号 u_{in}	1K	1.000m	150m	-150m
输出信号 u_{out}	1L	1.000m	-1.6021	1.5738

附图 3.2 负载电阻为 2.4K 时输入输出时间电压测量

根据表中参数可以求得负载电阻为 2.4K 时交流电压的放大倍数:

$$A_u = -\frac{u_{opp}}{u_{ipp}} = -\frac{u_{omax} - u_{omin}}{u_{imax} - u_{imin}} = -\frac{1.5738 - (-1.6021)}{0.15 - (-0.15)} = -10.586$$

附图 3.3 负载电阻 R_L 为无穷大时交流电压输入输出关系曲线图



通过仿真,可以观察得到 R_L 趋近于正无穷 (2400k) 时的频率、周期 u_{out} 的最大值和最小值, 观测数据如下表所示

	频率 (Hz)	周期 (s)	最大值 (V)	最小值 (V)
输入信号 u_{in}	1K	1.000m	100m	-100m
输出信号 u_{out}	1L	1.000m	-2.1241	2.1162

附图 3.2 负载电阻为 2.4K 时输入输出时间电压测量

根据表中参数可以求得负载电阻为 2.4K 时交流电压的放大倍数:

$$A_u = -\frac{u_{opp}}{u_{ipp}} = -\frac{u_{omax} - u_{omin}}{u_{imax} - u_{imin}} = -\frac{2.1241 - (-2.1162)}{0.1 - (-0.1)} = -21.2015$$

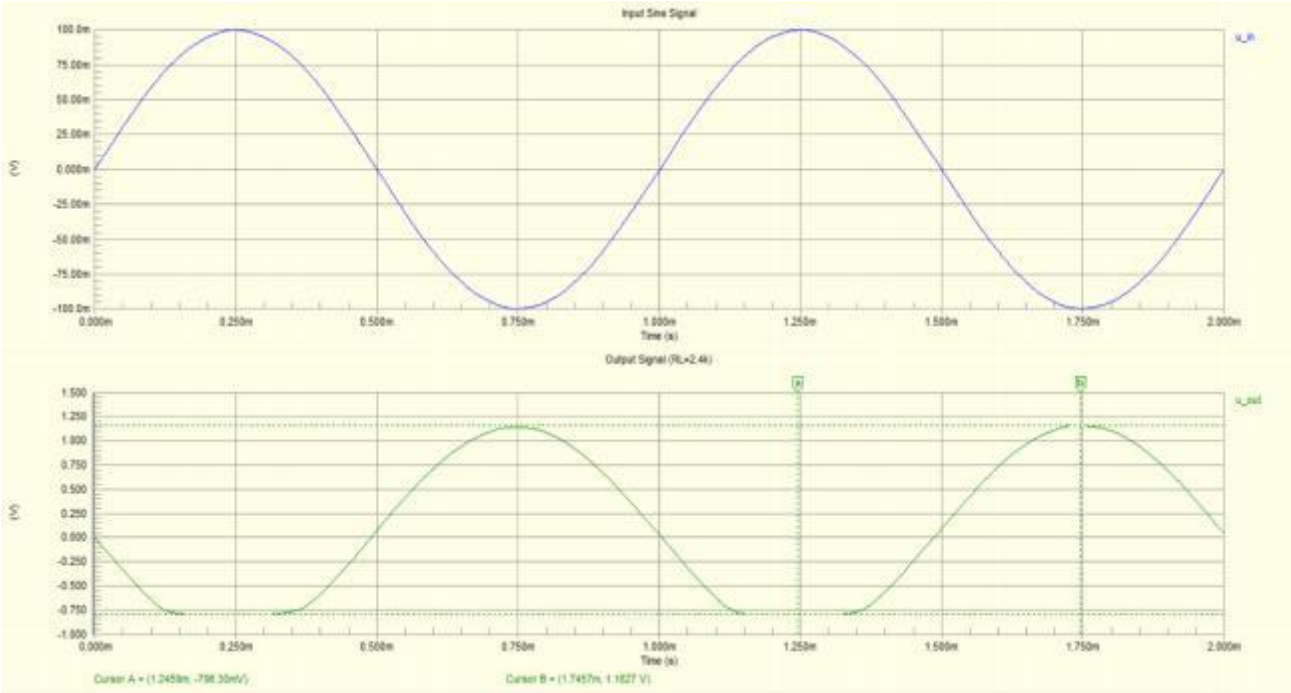
附图 3.4 饱和失真时交流电压输入输出关系曲线图

$R_w=0.855$ 时:

(a) 饱和失真时，静态工作点位置如下图所示



(b) 饱和失真时，输入输出关系曲线，如下图所示

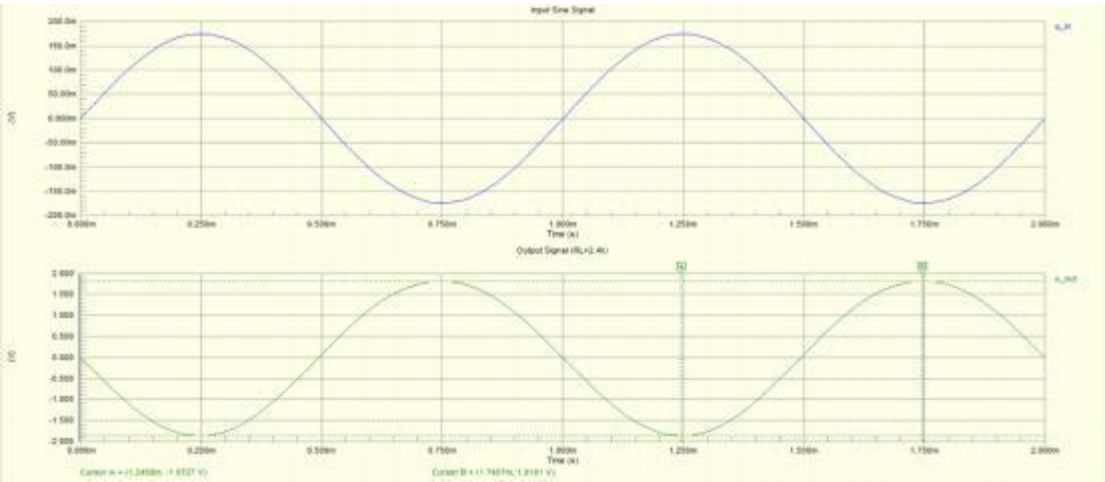


附图 3.4 截止失真时交流电压输入输出关系曲线图

当 $R_w = 0.595$ ，幅值为 175mV 时，静态工作点如下：

u_b	3.449 V
u_c	8.982 V
u_e	2.778 V
$I_C(\text{mA})$	2.508mA

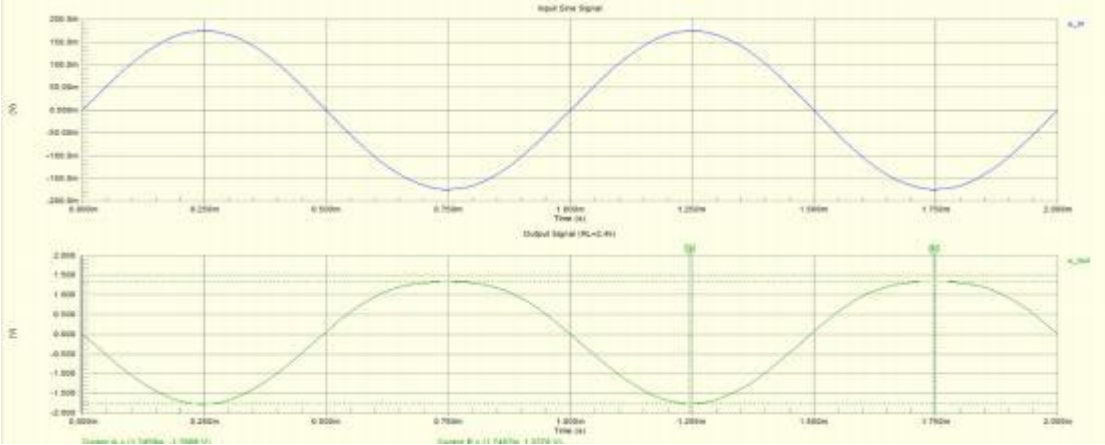
输入输出关系曲线如下



易知此时还没有出现可观测的截止失真；
将 R_w 减小，如此处 $R_w = 0.001$ 时，如下：

u_b	1.983 V
u_c	12.11 V
u_e	1.333 V
$I_C(\text{mA})$	1.202mA

输入输出关系曲线如下



易知：即使 $R_w = 0.001$ ，可观测的截止失真依旧有限。

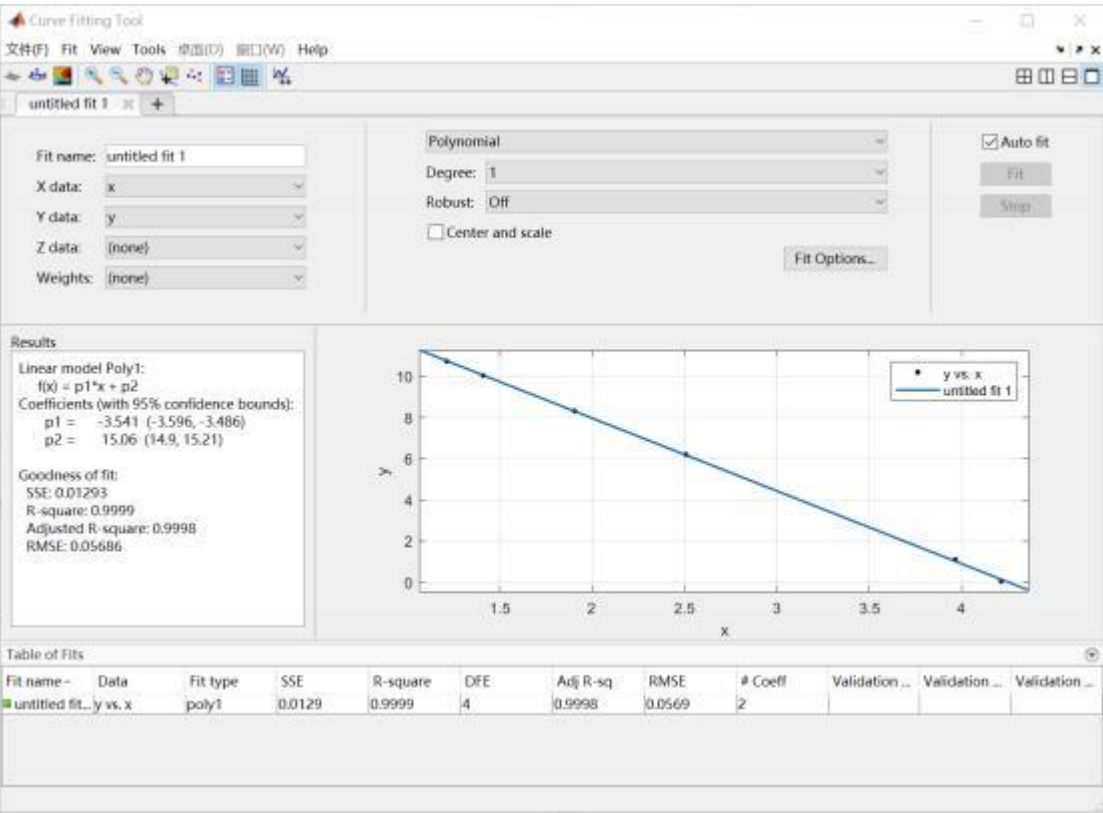
附图 3.6利用最小二乘法拟合生成 $i_c(\text{mA})$ 和 $u_{CE}(\text{V})$ 关系的直流负载线

使用 Excel 进行数据处理，使用MATLAB 进行曲线的拟合。

(a) Excel 进行数据处理：

	A	B	C	D	E
1		采样点	R _w	I _C (mA)	U _{CE} (V)
2		1	0.01	1.214	10.74
3		2	0.15	1.411	10.05
4		3	0.4	1.905	8.322
5		4	0.595	2.508	6.204
6		5	0.85	3.965	1.091
7		6	0.99	4.214	0.057
8	和			15.217	36.464
9	平均值			2.536167	6.077333
10					
11	k	-3.541			
12	b	15.057			

(b) 在 MATLAB 中进行曲线的拟合：



所得曲线方程为

$$y = -3.541x + 15.06$$

易知使用最小二乘法与使用MATLAB 拟合出的结果基本一致。
图像如下：

