

浙江大学实验报告

专业： 电子信息工程

姓名： 邢毅诚

学号： 3190105197

日期： 2020-9-21

地点： 东三-406

课程名称： 电网络分析

指导老师： 姚纓英

成绩：

实验名称： 负阻与自激振荡

实验类型： 验证实验

同组学生姓名： 无

一、 实验目的

- (1) 了解负阻器的原理，学会设计一个有源期间实现的负阻器
- (2) 了解不同阻尼下方波的二阶电路动态响应
- (3) 学会设计搭建一个负阻振荡器
- (4) 了解基于负阻的 RLC 串联自激电路和 RLC 并联自激电路
- (5) 了解混沌现象以及产生混沌的电路基本结构
- (6) 掌握混沌现象的测试方法
- (7) 了解利用混沌同步加密通信的基本原理和实现办法

二、 实验内容

- (1) 设计一个有源元件实现的负阻器，频率范围 200Hz~1kHz，阻值为-1k，工作电压和电流分别小于 3V 和 3mA。至少用两种方法测量其阻值。
- (2) 基于负阻进行方波的二阶电路动态响应实验，观察不同阻尼情况下的响应。调节含负阻电路中的电阻，记录衰减振荡、增幅振荡和等幅振荡时的电路参数和波形
- (3) 设计并搭建负阻振荡器（RC、RLC 串联、RLC 并联），给出测量线路（注明参数值），记录振荡频率、峰峰值、fft 分析谐波。
- (4) 搭建混沌发生器，测量其中负阻的伏安特性曲线。以两个电容的对地电压观测其动态轨迹（李莎如图），记录电位器阻值与不同混沌状态的对应关系。

三、 实验原理

1. 实验 1 - 负阻值的测定

在电路理论中，负阻抗变换器是一种能嫁给你一个阻抗或元件按一定比例进行变换并改变其符号的双口元件。通常来讲，测量负阻抗的值有以下几种方法

- 直流法测量

直流法测量负阻的原理图如下图所示：

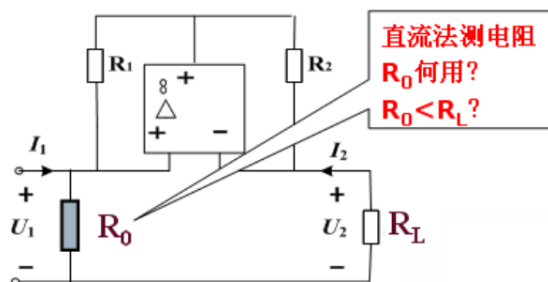


图 1: 直流法测量电路图

使用直流法测量电阻时，我们需要并联以电阻 R_0 ，同时要求 $R_0 < R_L$ 。原因在于一些直流电源并不能做到电流倒灌，需要并联一个电阻使得直流电源的输出电流为正向。

- 万用表测量

使用万用表测量负阻的原理图如下图所示：

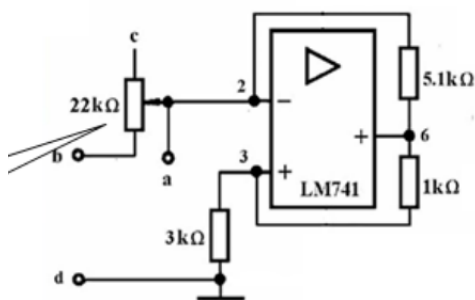


图 2: 万用表法测量电路图

在测量负阻阻值时，由于万用表并不能直接测量大电阻的阻值，因此将大电阻与负阻串联，直接使用万用表测量串联的阻值，将测量数值减去大电阻阻值即可测量得到大电阻的阻值。

- 交流法测量

使用交流法测量负阻的原理图如下图所示：

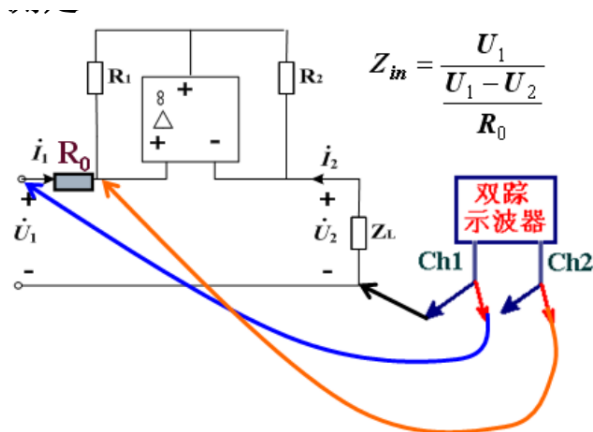


图 3: 万用表法测量电路图

利用示波器可以测量 R_0 两端的电压，由此计算出通过负阻的电流，示波器的另一个接口可以接负阻的两端，并利用电压除以电流得到负阻的大小。

2. 实验 2 - 负阻电路的动态响应

观察负阻电路的动态响应的电路图如下图所示：

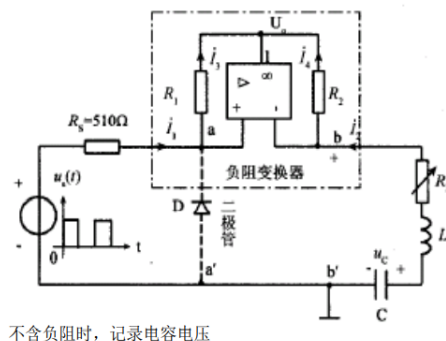


图 4: 负阻电路的动态响应

通过调节电阻 R_3 ，我们可以获得不同的动态特性，如：衰减、增幅、等幅等等。

3. 实验 3 - 负阻电路的自激振荡

测量负阻电路的自激振荡的电路图如下图所示：

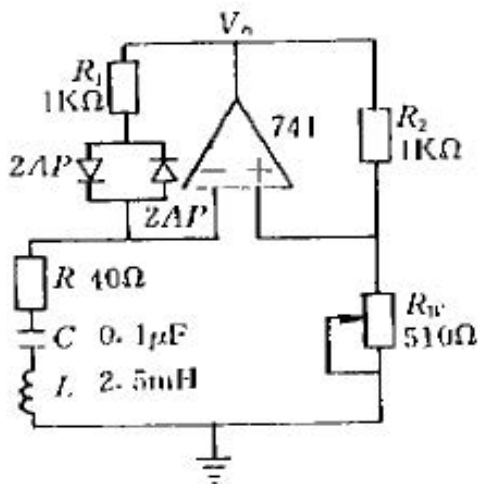


图 7: 串联型振荡电路

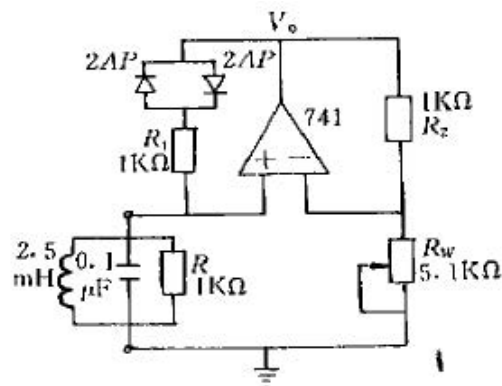


图 8: 并联型振荡电路

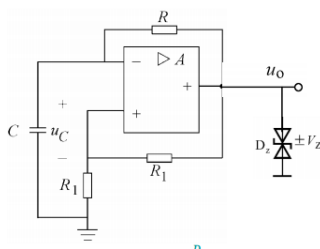


图 5: 自激振荡电路图

其产生波形如下图所示：

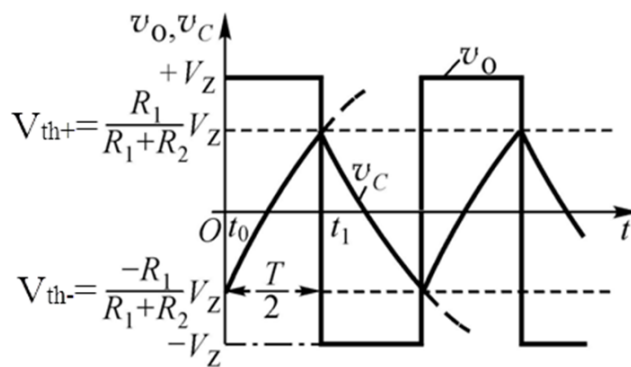


图 6: 自激振荡电路

位于初始状态时，由于负阻的原因，电容充电知道 $V_0 = +V_z$ ，此时电容正向充电。紧接着， V_0 反向，电容反向充电直至 $V_0 = -V_z$ ，再接着返回至初始阶段。其周期 $tT = 2RC \ln(1 + 2\frac{R_1}{R})$

4. 实验 4 - 混沌电路

下图电路中为一混沌电路

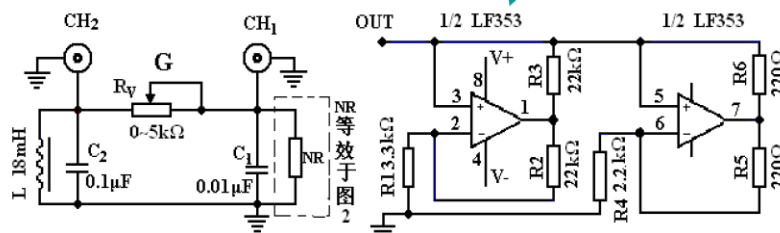


图 9: 混沌电路

通过改变 $C L R_V$ ，通过示波器测量输出端，我们便可以获得各式各样的输出波形。
对右半边输入正弦波，我们便可以获得混沌电路的伏安特性曲线，其曲线如下图所示：

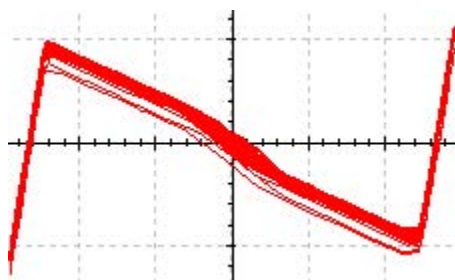


图 10: 混沌电路伏安特性曲线

四、 实验数据

1. 实验 1 - 负阻值的测定

• 直流法测量负阻

按照实验原理图连接电路，分别使用万用表测量 R_1 ， R_2 两端的电压并进行记录，进而计算出负阻阻值，测得数据如下图所示：

R_1/Ω	1K
R_2/Ω	1K
R_0/Ω	330
U_1/V	1
U_{R1}/V	-1.003
I/mA	-1.003
负阻/ Ω	-0.998K

表 1: 直流法测量负阻数据

• 万用表测量

按照实验原理中的电路图连接电路，使用万用表直接测量电阻，进而计算出负阻的大小，测得数据如下图所示：

$R1/\Omega$	1K
$R2/\Omega$	1K
R_s/Ω	20K
$R_{总}/\Omega$	19K
负阻/ Ω	-1K

表 2: 万用表测量负阻数据

- 交流法测量负阻

按照实验原理中的电路图连接电路，使用示波器测量 R_0 两端的电压以及负阻两端的电压，测得其波形如下图所示：

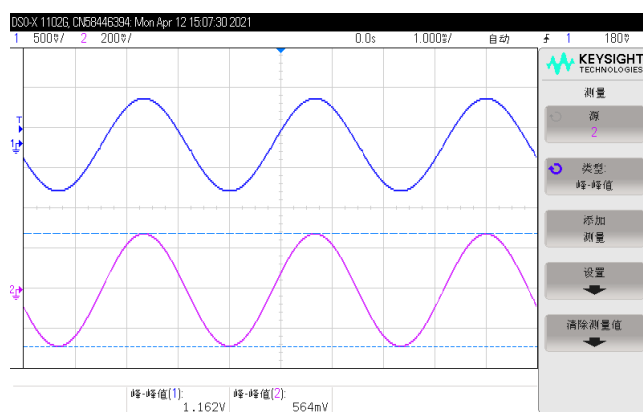


图 11: 交流法测量数据

测得实验数据如下图所示：

$R1/\Omega$	1K
$R2/\Omega$	1K
$R0/\Omega$	510
U_i/V	1.162
U_{R0}/V	-0.564
I/mA	-1.106
负阻/ Ω	-1.05K

表 3: 交流法测量数据

- 仿真分析

对负阻进行仿真分析，按照下图所示连接电路图：

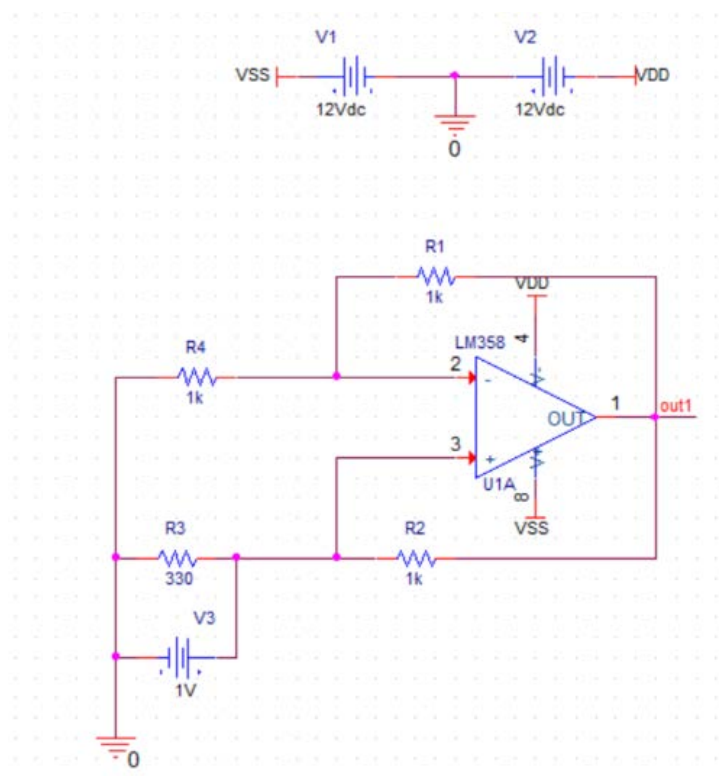


图 12: 负阻仿真电路图

将电压设置为扫描参数，测量得到伏安特性曲线如下图所示：

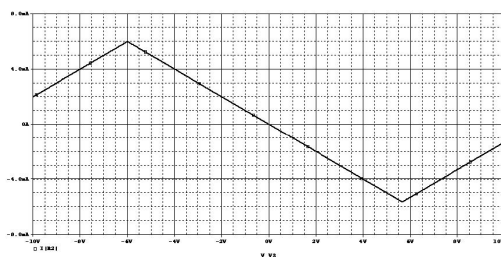


图 13: 伏安特性曲线

2. 实验 2 - 负阻电路的动态响应

按照实验原理中的电路图连接电路，选择参数如下图所示：

$R1/\Omega$	1K
$R2/\Omega$	1K
R_s/Ω	510
R_L/Ω	1K
$C/\mu F$	0.1
L/mH	20
输入峰峰值/V	2

表 4: 实验参数选择

使用示波器测量电容两端的电压，通过改变电阻的阻值，我们可以分别获得衰减特性，增幅特性，等幅特性的电路：

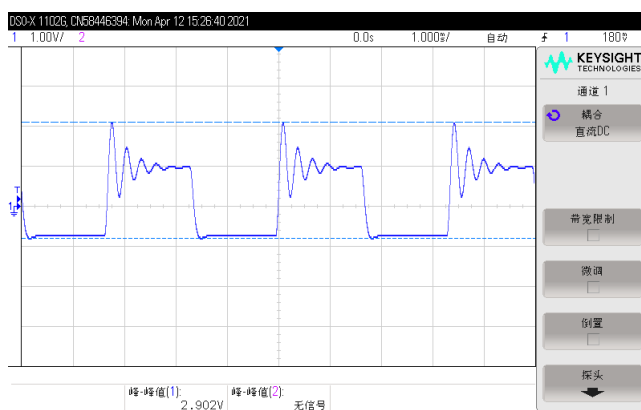


图 14: RLC 串联动态特性（衰减特性）

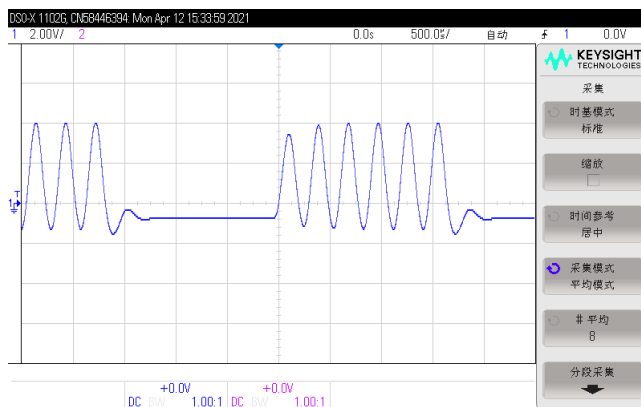


图 15: RLC 串联动态特性（增幅特性）

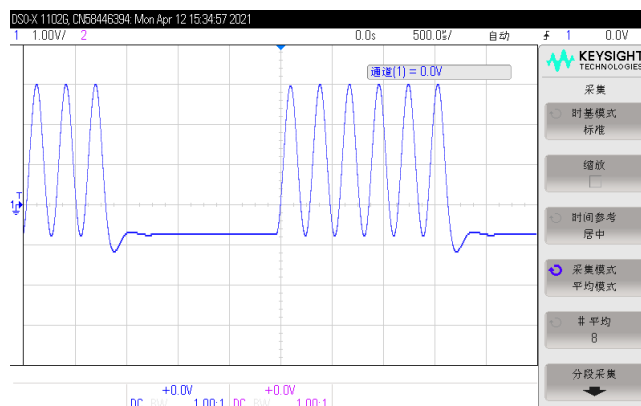


图 16: RLC 串联动态特性（等幅特性）

3. 实验 3 - 负阻电路的自激振荡

按照实验原理中的电路图连接电路，使用示波器测量电容两端的电压以及输出电压的波形，图像如下图所示：

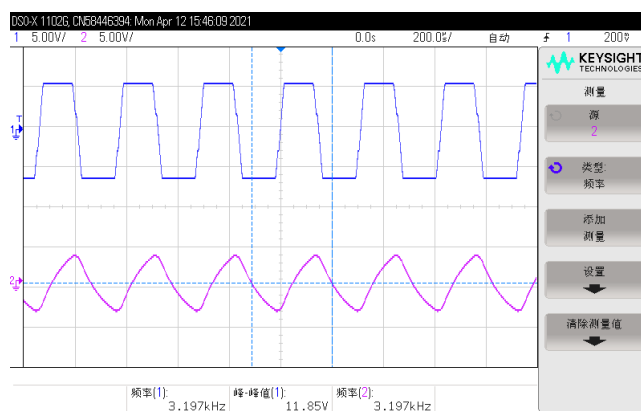


图 17: 电容与输出电压波形

测得数据如下图所示：

R/Ω	1K
R_1/Ω	1K
$C/\mu F$	0.1
$T=2RC\ln(1+2R_1/R)/s$	2.20×10^{-4}
测得 T/s	3.12×10^{-4}

表 5: 实验三数据

- 串联型振荡电路

按照实验原理图连接电路，使用示波器观察电容两端的电压以及输出电压，获得波形如下图所示：

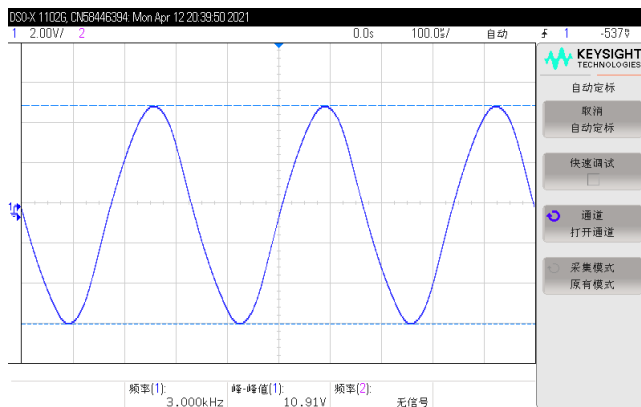


图 18: 输出波形图

测得实验数据如下图所示：

$R1/\Omega$	1K
$R2/\Omega$	1K
R/Ω	100
$C/\mu F$	0.1
L/mH	20
变阻器（1K）/ Ω	363.5
f/Hz	3K

表 6: 串联型振荡电路波形

- 并联型振荡电路

按照实验原理图连接电路，使用示波器观察电容两端的电压以及输出电压，获得波形如下图所示：

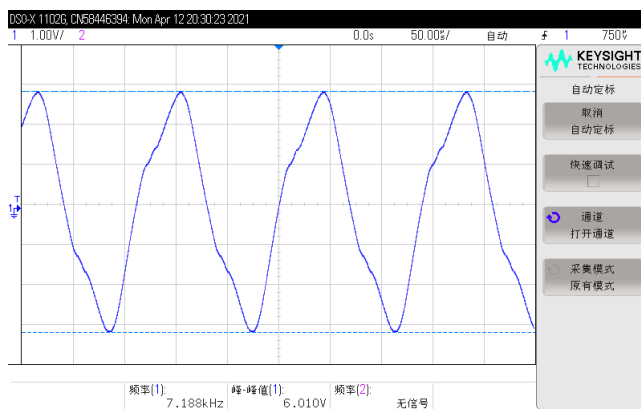


图 19: 自激振荡波形图

测得实验数据如下图所示：

$R1/\Omega$	1K
$R2/\Omega$	1K
R/Ω	1K
$C/\mu F$	0.1
L/mH	20
变阻器 (1K) $/\Omega$	303
f/Hz	7.188K

表 7: 并联型振荡电路波形图

4. 实验 4 - 混沌电路

• 伏安特性曲线

按照下图所示连接电路图：

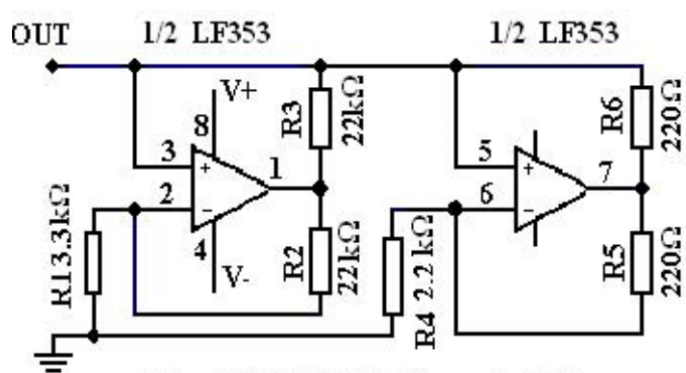


图 20: 混沌效应电路图

使用信号发生器输入正弦波，并使用示波器分别测量输入电压与电流（通过串联一个电阻测量其电压，进而测得电流），并将示波器时基模式调节至 X-Y 模式，测量得到波形如下图所示：

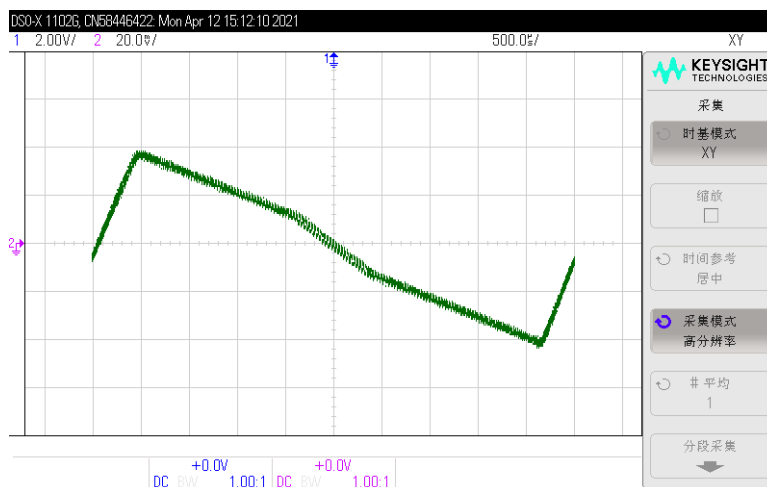


图 21: 混沌效应伏安特性曲线

测得电压与电流波形图如下图所示：

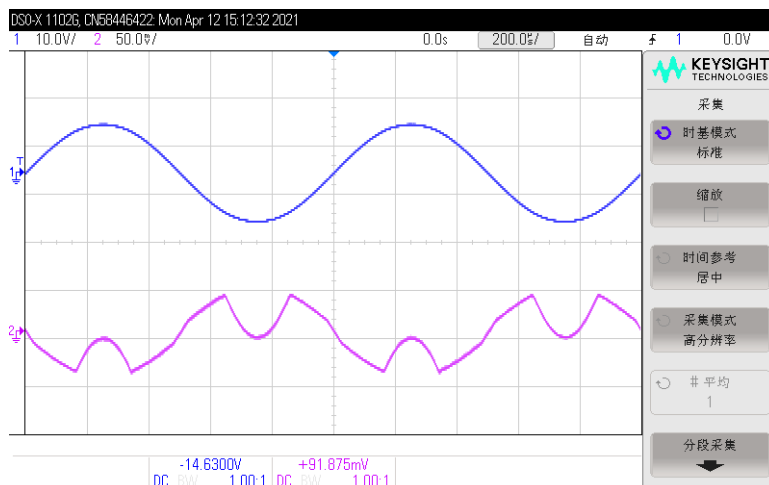


图 22: 混沌效应电压电流波形图

之所以输入的电流，在峰值处产生凹陷，原因在于输入的电压过大，已经超过了运放最大的输出电压，因此才会出现这种凹陷的情况。

- 动态轨迹

按照下图所示连接电路图：

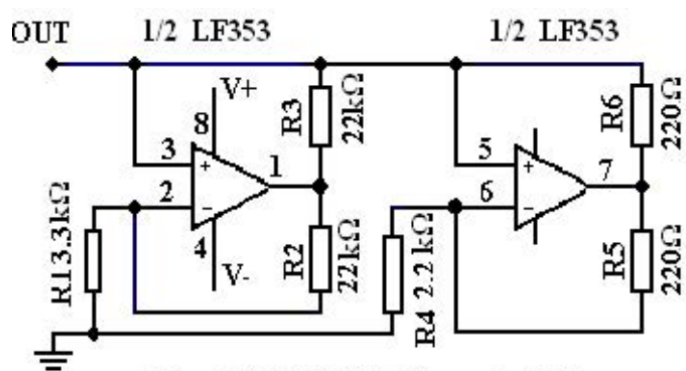
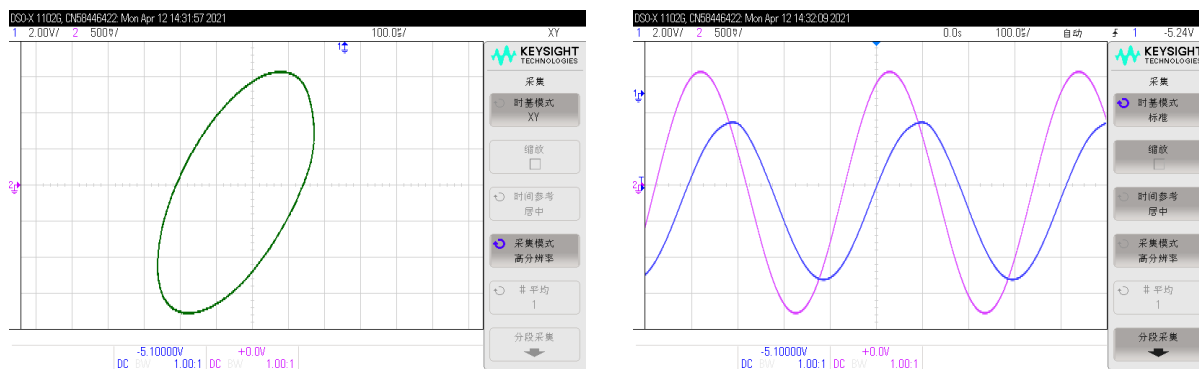


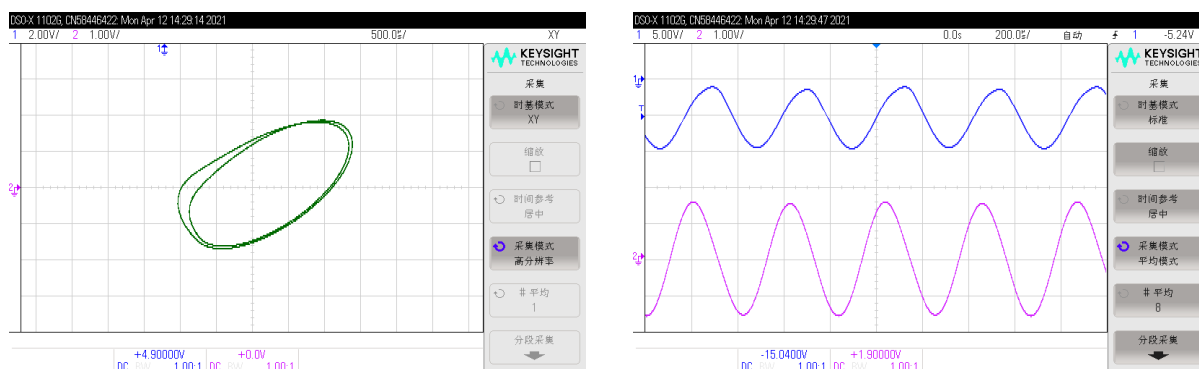
图 23: 混沌效应电路图

设定 $C_2 = 0.1\mu F$, $C_1 = 0.01\mu F$, $L = 25mH$ ，调节滑动变阻器，并记录其阻值，分别获得以下图像：

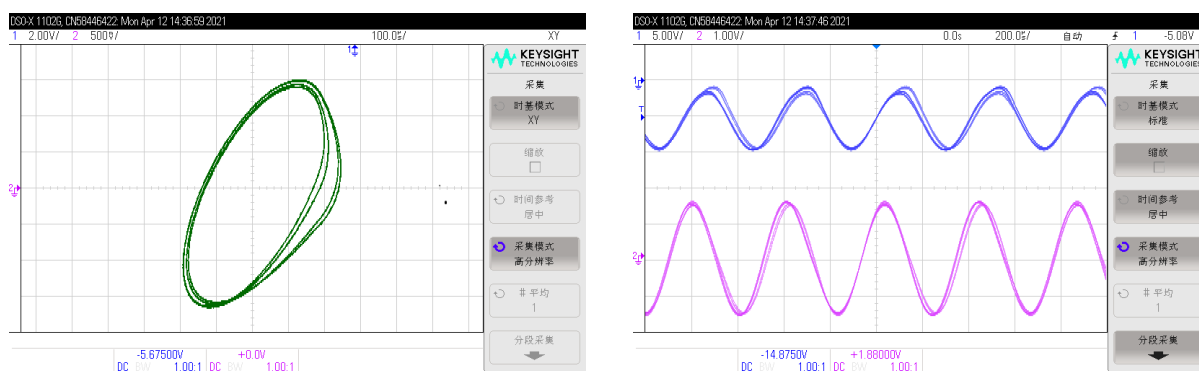
一周期图像如下：

图 24: $R_v = 1943\Omega$ -一周周期

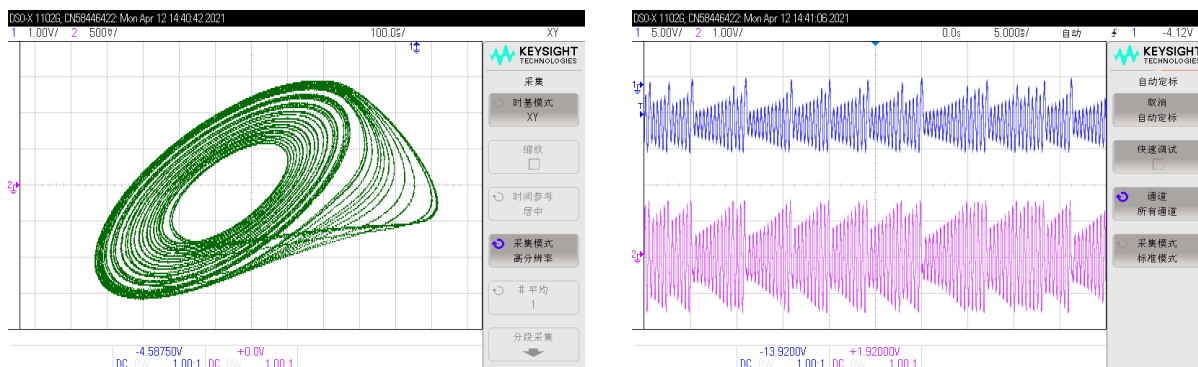
两倍周期图像如下：

图 25: $R_v = 1908\Omega$ -两倍周期

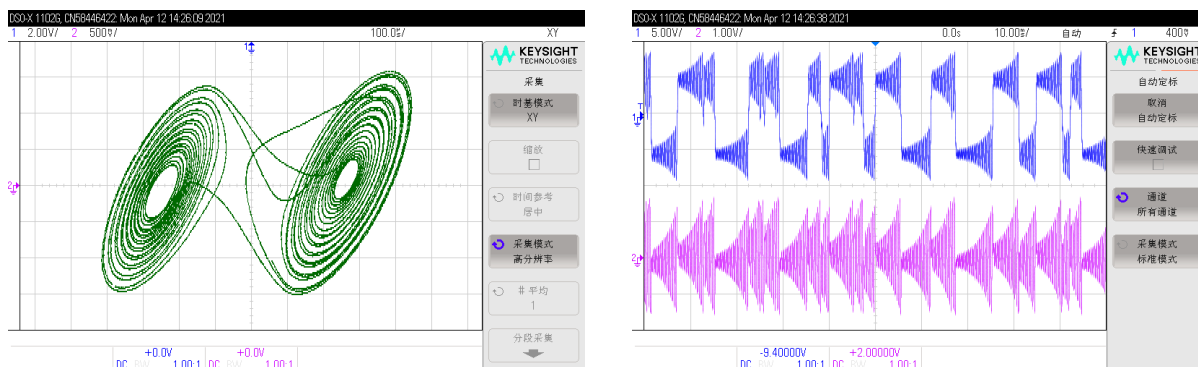
三周期图像如下：

图 26: $R_v = 1905\Omega$ -三周期

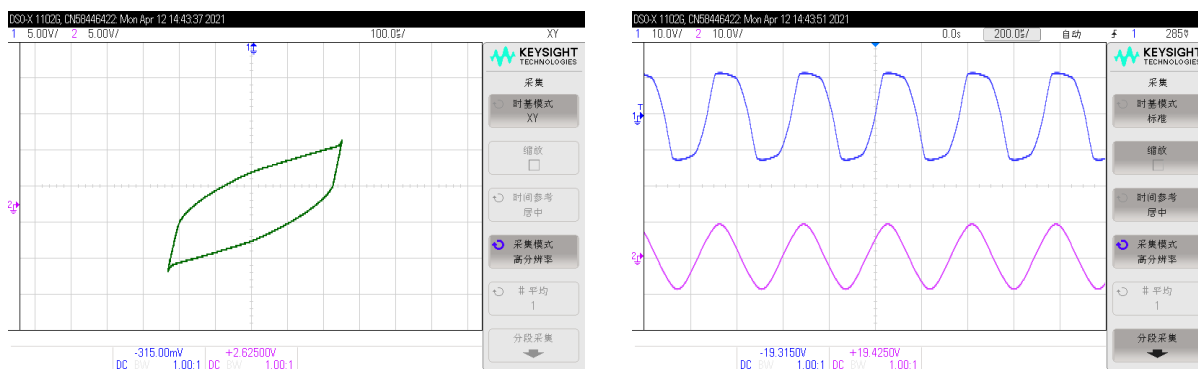
多倍周期图像如下：

图 27: $R_v = 1877\Omega$ -多倍周期

双吸引子图像如下：

图 28: $R_v = 1843\Omega$ -双吸引子

极限环图像如下：

图 29: $R_v = 1455\Omega$ -极限环

五、心得与体会

在本次实验中，我们进行了负阻的测量以及混沌电路的相关实验。我主要负责测量混沌电路的部分，在测量混沌电路的过程中，我发现测量混沌电路时，一个小小的参数的变化就会引起混沌电路的输

出波形产生较大的变化，当我们参数设置为某些特定的值的时候，才会产生我们想要的波形。在实际应用中，我们同样需要注意，设计电路的时候要谨慎的选取参数。