

# 《基础物理实验》实验报告

实验名称 虚拟仪器在物理实验中的应用 指导教师 郭思明  
姓 名 任昊霖 学号 2022K8009908022 分班分组及座号 2-03-7 号 (例: 1-04-5 号)  
实验日期 2023 年 12 月 5 日 实验地点 702 调课/补课 ☐ 是 成绩评定 \_\_\_\_\_

## 一、实验目的

1. 了解虚拟仪器的概念;
2. 了解图形化编程语言 LabVIEW, 学习简单的 LabVIEW 编程;
3. 完成伏安法测电阻的虚拟仪器设计。

## 二、实验仪器

计算机 (含操作系统), LabVIEW2014, NI ELVIS II<sup>+</sup>, 导线若干, 元件盒 (包括  $100\Omega$  标准电阻一个, 待测电阻  $10\Omega$  和  $100\Omega$  各一个, 稳压二极管一个)。

## 三、实验原理

### 1. 虚拟仪器的硬件

本实验使用的硬件平台是个人电脑 (PC 机), 美国国家仪器公司的教学实验室虚拟仪器套件 NI ELVIS II<sup>+</sup> 和自带的原型版。

虚拟仪器综合实验平台 ELVIS II<sup>+</sup>, 如图 1 所示, 集成 8 路差分输入 (或 16 路单端输入) 模拟数据采集通道、24 路数字 I/O 通道, 以及多款常用的仪器。平台通过 USB 连接 PC。虚拟仪器综合实验平台是开源的, 可以在 LabVIEW 中进行定制, 同时可以使用 LabVIEW Express VI 和 LabVIEW Signal Express 的步骤对设备进行编程。

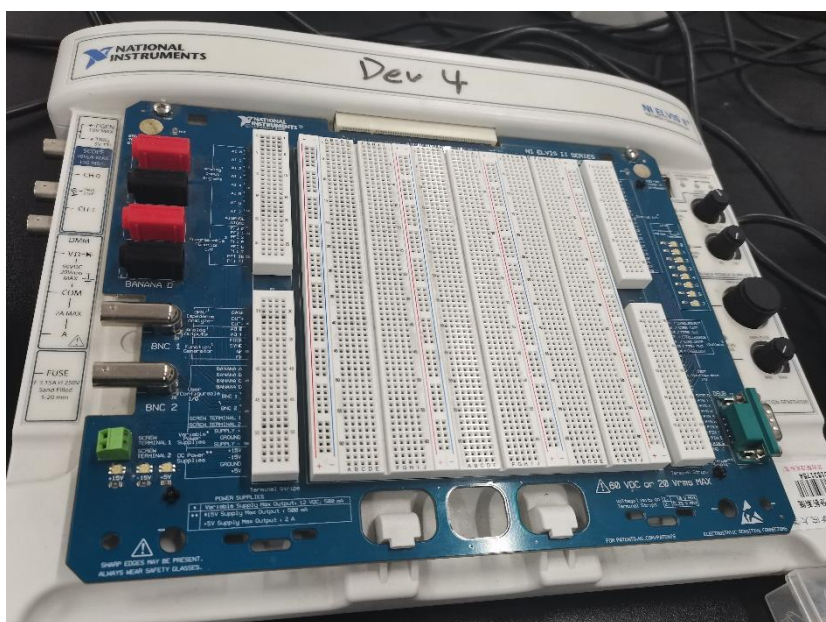


图 1 NI ELVIS II 和原型板实物图

本次实验中使用到的原型版的功能有: 模拟信号输入和可编程函数信号 I/O 阵列, 数字

万用表、函数发生器、用户可配置 I/O、可变电源和直流电源阵列。

## 2. 虚拟仪器的软件

本实验使用的用于虚拟仪器系统设计的软件开发平台是LabVIEW。LabVIEW 是一种图形化编程语言，编程过程也就是设计流程图。

用LabVIEW开发平台编制的虚拟仪器程序简称为 VI。VI 包括三个部分：前面板、程序框图和图标/连线板。

2.1 前面板。前面板用于设置输入数值和显示输出量，是展示给用户的界面相当于真实仪表的前面板。前面板上的图标，分为两类：输入类（用于输入）和显示类（用于输出），具体可以是开关、旋钮、按钮、图形、图表等表现形式。

2.2 程序框图。程序框图相当于仪器的内部功能结构，类比程序设计则是程序员为实现功能而设计的代码。其中的端口用来和前面板的输入对象和显示对象传递数据，节点用来实现函数和功能子程序调用。

2.3 图框和连线板。图框用来实现结构化程序控制命令，连线则代表程序执行过程中的数据流。

## 3. 利用虚拟仪器测量伏安特性

本实验中利用一个模拟输出通道为整个测量电路供电，利用两个模拟输入通道分别测量总电压和标准电阻上的电压；利用测量得到的电压数值和标准电阻数值就可以得到电路中的电流以及待测电阻上的电压。在程序控制下，电路电压由 0V 开始逐渐增加到设定电压，电压每改变一次，测得一组电压电流值，最后得到一个数组，经过线性拟合后就可以得到待测电阻值。测量原理见图 2。使用单端输入方式时，各个输入通道共用地线，各通道测量的都是对地的电压，连线时要加以注意。

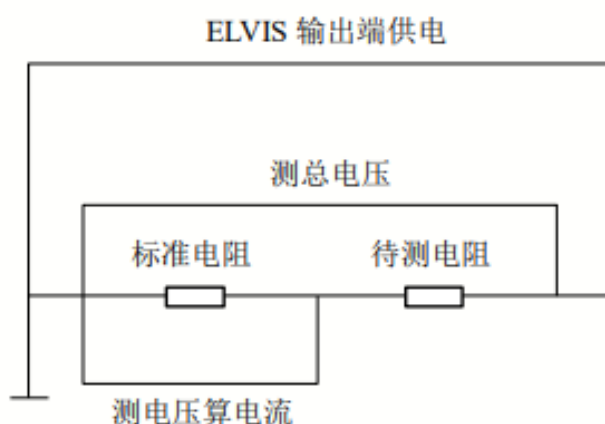


图 2 用虚拟仪器测量伏安特性原理图

## 四. 实验内容与步骤

### 1.初步熟悉 LabVIEW 开发环境的基本操作和编程方法

打开 LabVIEW，新建.vi 文件进入开发环境界面，就看到前面板和程序框图两个窗口。此时有两种便捷的处理方法：一是通过 **Alt+Tab** 快捷键不断切屏以达到对比校验的效果，二是通过 **Ctrl+T** 键来让两个窗口并排显示。

在前面板处，可以通过控件选板来选择我们需要的控件。控件主要分为输入控件和显示控件两种。前者允许用户输入数据，后者只允许查看。用鼠标拖拽可以把控件放在自己想要的位置，还可以对标签等文字内容进行编辑。与此同时，相应的端子和图标会出现在程序框图上，这是一个同步过程。前面板的工具栏有一个向右的箭头是运行程序的按键，红点是终止运行，还有一个暂停运行的按键——这类似我们常见的编程运行调试过程。

我们在程序框图中要对框图、连线进行设计，以实现所需的功能。显示函数选板，可以看到其中提供了很多框架，如编程需要的运行结构（for 循环、while 循环、顺序结构等），数组（创建数组等），比较、数值运算等。拖拽以放到需要的位置。打开工具选板，可以进行选择、连线、编辑文字的功能，软件也会根据预判来自动调节执行的功能。

发现一些细节：输入端的边框颜色甚至连线的颜色都可以反映传输数据的数据类型。while 等各种类型的循环是先执行后判断，循环体需要将器件图形拖拽放入其中才能生效，这与我们之前对编程的认识不太一样。

## 2.创建一个模拟温度测量程序

我们可以用温度传感器来测量温度，把输出的电压转化成对应的摄氏、华氏温度。然而，现在我们没有传感器，通过手动输入采集的电压，并假设电压与温度成正比，依然可以通过虚拟仪器来测得温度。

前面板中需要有温度单位切换的开关，采集的电压输入框，温度值的显示框，温度计这几个控件。我们设置摄氏度单位为 Boolean 值 1。于是在程序框图的设计中，需要添加条件选择运算符，Boolean 值为1时运行的是摄氏度输出路径，Boolean 值为0时运行华氏度输出路径。华氏度的输出值把采集的电压乘100即可，摄氏度的值则是把华氏度的值减32后除以1.8得到。

以下是我在本实验程序框图：

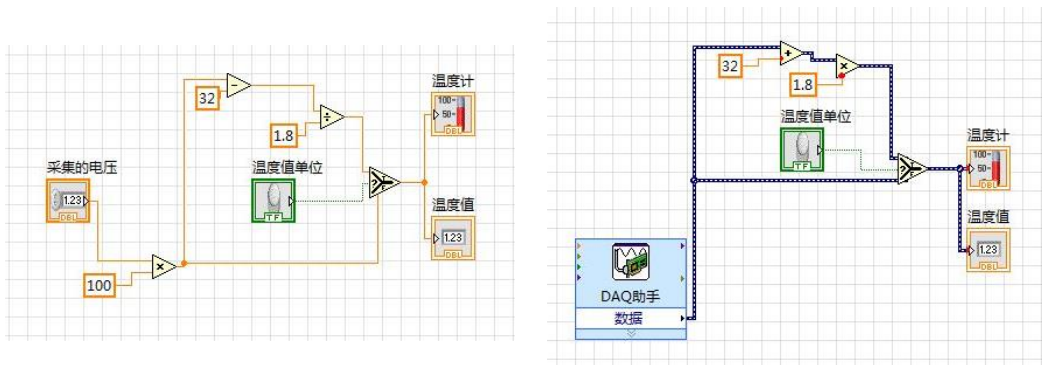


图 3 温度测量程序之程序框图示意图

## 3.创建一个电压输出和采集的程序

在本实验中，我们把仪器的输出端口看作是电源输出端，把输入端口看作是电压表的输入端，在仪器板上连接成回路，即做成一个测量电源两端电压的实验。通过改变前面板“输出电压”的数值来改变输出的电压值，判断采集到的电压值和输出的电压值在误差范围内是

否相等。

在程序框图的设计中，利用测量I/O中的 DAQmx 数据采集来写入电压、采集电压。利用 while 循环和定时，来每隔 100ms 写入和采集电压。在前面板中，我添加停止输出和停止测量开关控件来中断程序中的 while 循环。通道设置时输出通道和输入通道的设备、端口需要和实际的虚拟仪器套件的端口匹配否则会发生错误。输出的电压不宜过高，超过 5V 仪器会自动保护，导致测量电压的不准确。

外部电路连接时，根据我在面板中设置的通道，只需要将 ao\_0 端口和 ai\_0+ 端口相连，ground 端口和 ai\_0- 端口相连即可，注意到我的仪器是 Dev4，那么物理通道就应该选取 Dev4 所对应的通道。

以下是我的运行中的程序框图：

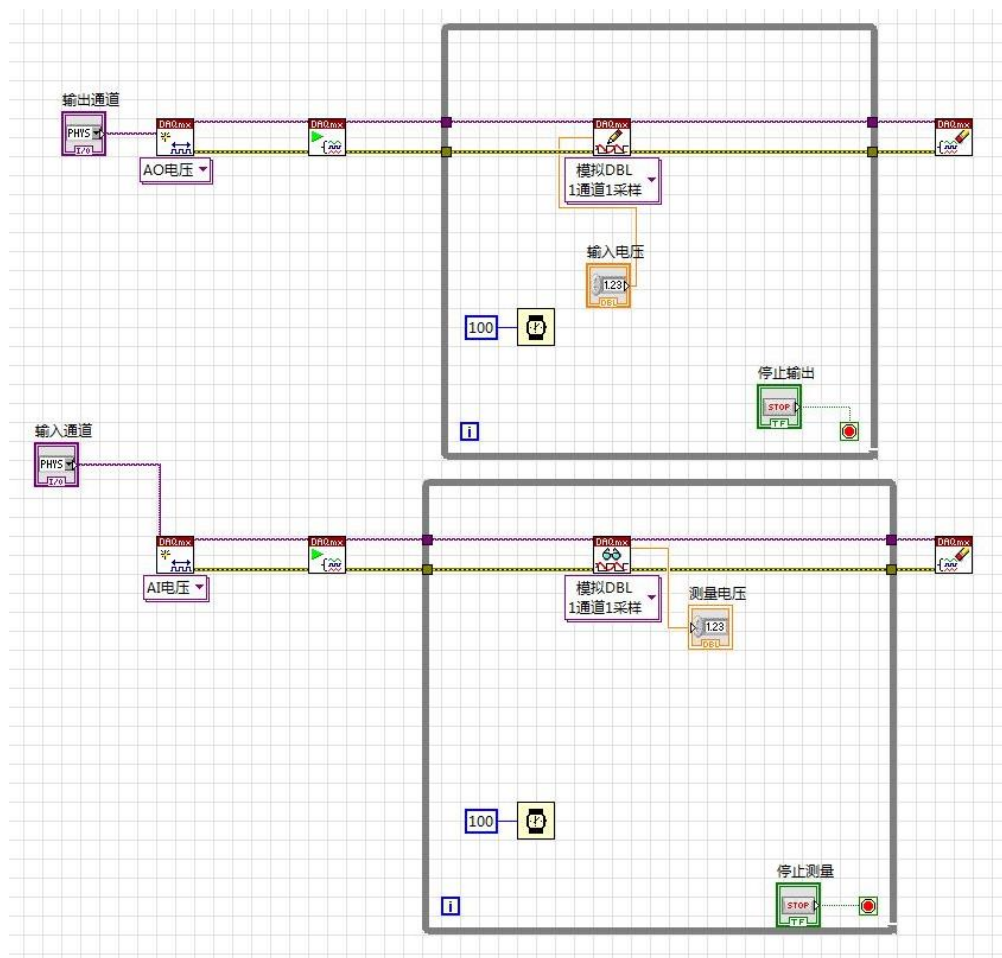


图 4 电压输出和采集的程序框图示意图

#### 4.用虚拟仪器测量伏安特性

作为实验三的延续，同样利用软件提供的写入电压作为外部电路的电源电压，只不过本次需要测量的不再是电源两端的电压，而是待测元件两端的电压。同时我们还要获取流经元件的电流。多次测量从而得到待测元件的伏安特性曲线。经线性拟合，我们可以得到元件的阻值。

外部电路的连接需要将待测元件和标准电阻进行串联，ao\_0 端口作为电源输出端，通过 ai\_0 和 ai\_1 端口测量总电压、标准电阻两端的电压。相减得到待测元件两端的电压，标准电



阻两端的电压除以标准阻值得到流经元件的电流。

程序框图设计思路即是：先输出一个电压，等待几秒稳定后进行数据的采集。需设置电压步长，在while循环中，每次电压增加一个固定步长（在编程中我们也有循环中“步长”的概念，直接类比就很好理解），采集结果，利用数组进行存储、显示在前面板上，并且在前面板绘制元件的伏安特性图，直到一共有20组数据为止。最后通过数组中的多组电压-电流数据进行线性拟合得到阻值。（在 LabVIEW 中 for 循环与 while 循环其实等价，类似 C 语言）

在前面板中设置输入控件：输出电压步长、测量数据点数、标准阻值、时间间隔、开关，显示控件：待测阻值、测量数据组、伏安特性曲线图。以下是我的程序框图：

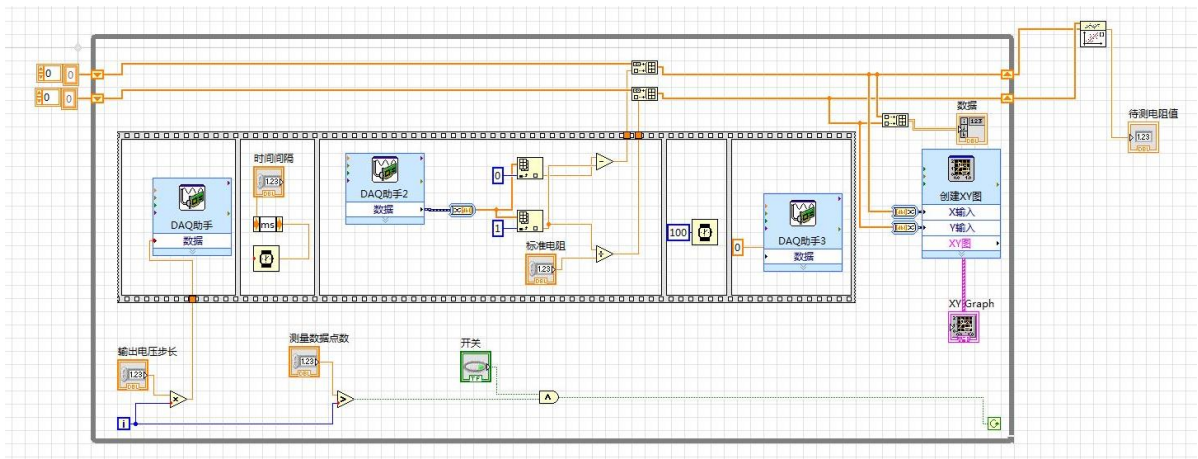


图 5 测量伏安特性的程序框图示意图

五. 实验数据处理与分析

1. 测量51Ω电阻

电阻为51Ω，步长为0.05V，时间间隔为0.02s

序号	电压 (V)	电流 (A)
1	-0.000965974	-1.08E-05
2	0.0157776	0.00031766
3	0.0334871	0.000639651
4	0.0492647	0.000964863
5	0.0672962	0.00129651
6	0.0833958	0.00162494
7	0.100783	0.00195338
8	0.115917	0.00229147

9	0.133304	0.00261668
10	0.151336	0.00293867
11	0.168724	0.00326388
12	0.184179	0.00359875
13	0.201889	0.00392718
14	0.217666	0.00425883
15	0.234732	0.00458405
16	0.251797	0.00491248
17	0.268863	0.00524091
18	0.284641	0.00557578
19	0.302028	0.00590099
20	0.319094	0.0062262

表 1 51  $\Omega$  电阻伏安特性测量数据表

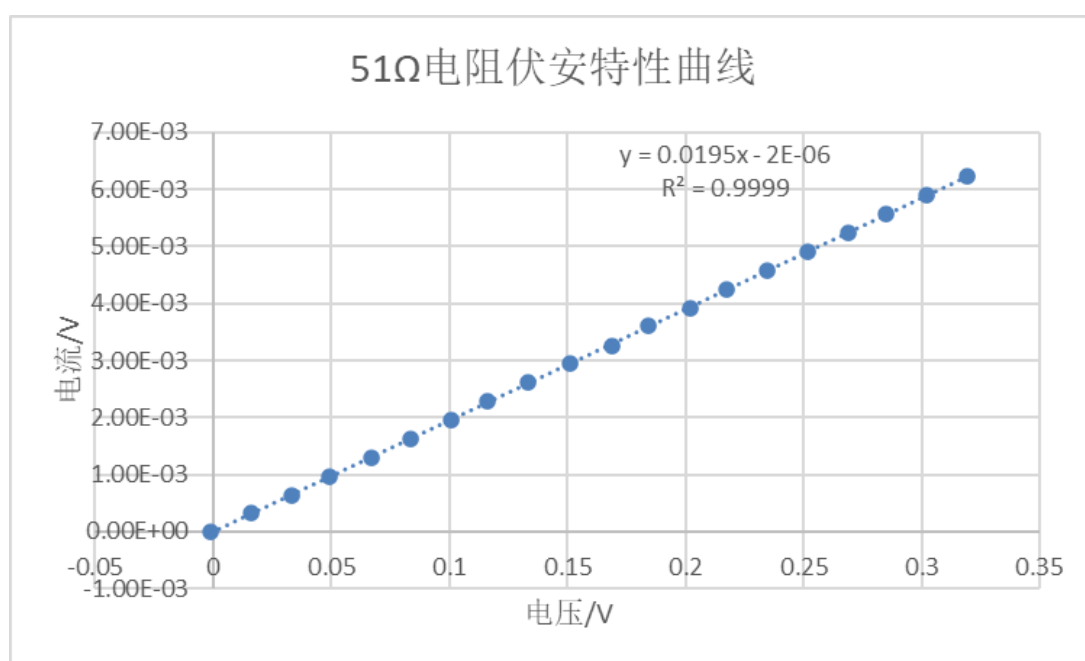


图 14 10  $\Omega$  电阻伏安特性曲线图

### 【实验结果分析】

实验数据经线性拟合后，可以看出明显的线性关系，相关系数为 0.9999。这与理想电阻的伏安特性符合得很好。直线斜率  $k$  为电导率  $\sigma$ ，即  $1/R$ ，则  $R = 1/\sigma = 51.28\Omega$ ，这与电阻阻

值 $51\Omega$ 的相对误差为 $\delta = 0.55\%$ ，误差较小，数据符合较好。

## 2. 测量 $1000\Omega$ 电阻

标准电阻为 $1000\Omega$ ，步长为 $0.5V$ ，时间间隔为 $0.02s$

序号	电压(V)	电流(A)
1	0.906406	0.000900464
2	1.36042	0.00135769
3	1.81475	0.0018117
4	2.26908	0.00226893
5	2.72245	0.00272616
6	3.17743	0.00317694
7	3.63048	0.00363739
8	4.0845	0.00409462
9	4.53884	0.00454541
10	4.99287	0.00500263
11	5.44657	0.00545664
12	5.90092	0.00591065
13	6.35495	0.0063711
14	6.80834	0.00682189
15	7.2627	0.00728234
16	7.71674	0.00773634
17	8.17015	0.00819035
18	8.62484	0.00864758
19	0.906406	0.000900464
20	1.36042	0.00135769

表 2  $1000\Omega$  电阻伏安特性测量数据表

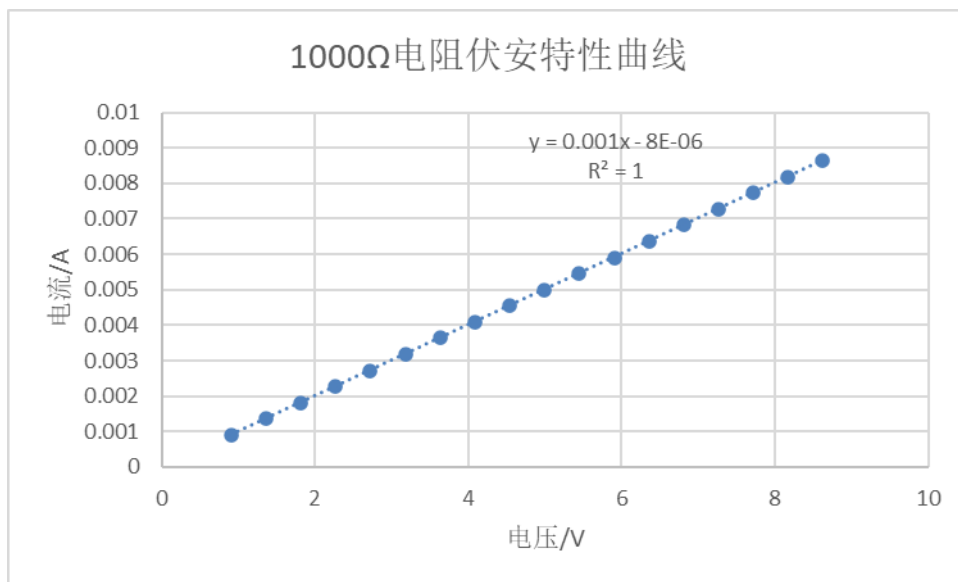


图 15 1000 Ω 电阻伏安特性曲线图

### 【实验结果分析】

由上面的数据可知，曲线没有明显的的数据堆积区间，且经线性拟合后相关系数为 1，I 与 U 呈线性关系，与理想电阻的伏安特性符合很好。直线斜率为电导率 $\sigma$ ，即电阻的倒数，则 $R = 1/\sigma = 1000.00\Omega$ ，与实际阻值误差小至无法测量，数据符合较好。

### 3. 测量二极管正向导通电阻

标准电阻为 $100\Omega$ ，步长为 $0.1V$ ，时间间隔为 $0.02s$

序号	电压(V)	电流(A)
1	-0.00257593	5.33E-06
2	0.0965974	8.55E-06
3	0.197381	5.33E-06
4	0.297842	2.11E-06
5	0.397659	-1.11E-06
6	0.498121	-4.33E-06
7	0.597616	8.55E-06
8	0.67586	0.0002178
9	0.713533	0.0008361
10	0.731565	0.0016475



11	0.743479	0.0025169
12	0.751529	0.0034281
13	0.758613	0.004349
14	0.764731	0.0052892
15	0.768595	0.0062294
16	0.773103	0.0071825
17	0.776967	0.0081292
18	0.779866	0.0090952
19	0.783408	0.010045
20	0.785018	0.0110174

表 3 二极管正向伏安特性测量数据表

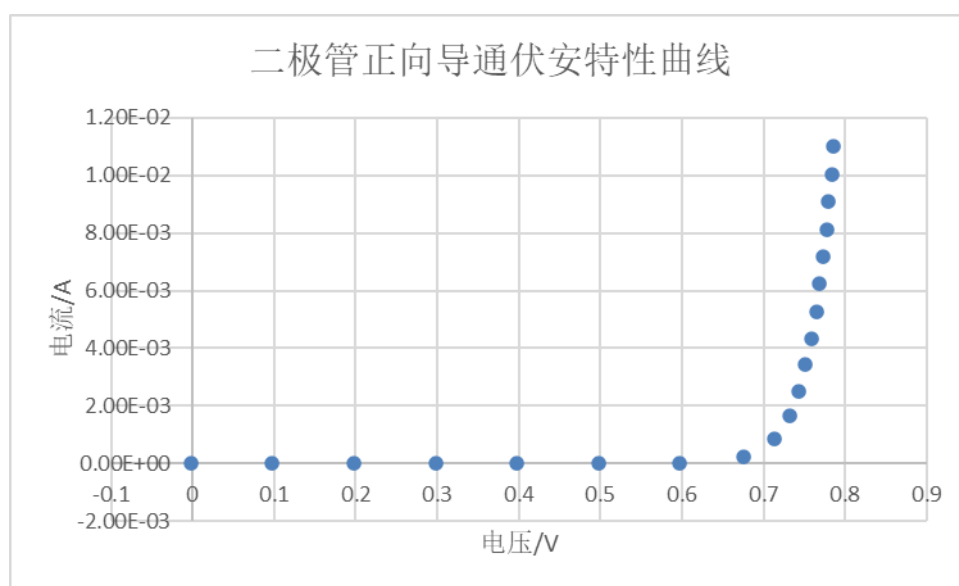


图 16 二极管正向导通伏安特性曲线图

### 【实验结果分析】

由上面的数据可知，曲线在低电压区域平缓，高电压区域陡峭，这代表随着电压增大，二极管正向导通电阻一开始近乎不变，且电流很小；然而电阻在电压超过死区电压（即开启电压） $U_0$ 时迅速减小，并接近 0，这与正向导通二极管的伏安特性符合很好。

## 4. 测量二极管反向导通电阻

标准电阻为 $100\Omega$ ，步长为 $0.1V$ ，时间间隔为 $0.02s$

序号	电压(V)	电流(A)
1	-0.00257593	2.11E-06
2	-0.103037	8.55E-06
3	-0.20221	2.11E-06
4	-0.302994	5.33E-06
5	-0.402811	2.11E-06
6	-0.50295	5.33E-06
7	-0.603411	8.55E-06
8	-0.702262	2.11E-06
9	-0.803046	5.33E-06
10	-0.902219	2.11E-06
11	-1.00204	-1.11E-06
12	-1.10218	-4.33E-06
13	-1.20231	-4.33E-06
14	-1.30117	-4.33E-06
15	-1.40163	-7.55E-06
16	-1.5008	-1.40E-05
17	-1.59965	-2.37E-05
18	-1.69818	-3.65E-05
19	-1.79703	-5.26E-05
20	-1.89427	-7.84E-05

表 4 二极管反向伏安特性测量数据表

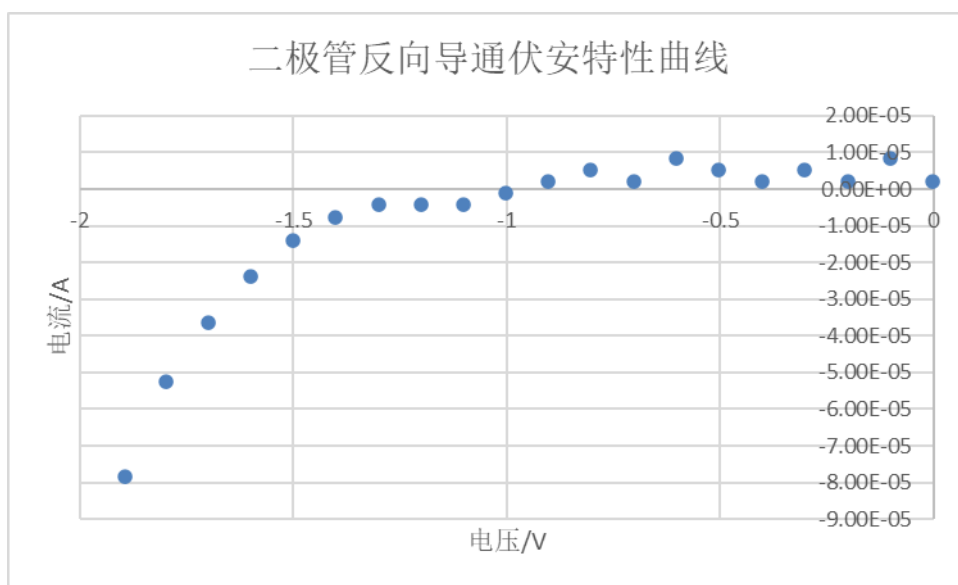


图 17 二极管反向导通伏安特性曲线图

### 【实验结果分析】

理想情况下二极管加反向电压，反向电流很小，而且反向电流不再随着反向电压而增大，即达到了饱和，这个电流即称为反向饱和电流。但是此处由于电流很小，受到噪声的影响，其变化并非很小。反向电压继续升高并超过反向击穿电压时，反向电流急剧增大，此时二极管被击穿，图中左侧数据显示了这一点。

## 六. 思考题

### 1. 虚拟仪器与传统仪器的区别：

虚拟仪器在依靠编程来进行实验，方便了错误检查，减少了传统仪器连接所消耗的时间，并且虚拟仪器内置了许多模块和工具，调用这些工具十分方便，节省了安装这类传统仪器的时间和空间。并且虚拟仪器可以由计算机控制实验，大大减少了实验的人力投入。同时，计算机收集的数据较人眼收集更为准确。

### 2. 本实验内容 3 中的电压输出和采集哪个先执行：

借助 LabVIEW 中“高亮显示执行过程”工具跟踪运行过程，可以发现电压输出部分和采集部分的数据同时产生，因此两个部分同时开始执行。

## 七. 实验总结与思考

当探索虚拟仪器与 LabVIEW 编程以及伏安特性测量的实验时，我深入了解了虚拟仪器的概念和其与传统仪器的不同之处。LabVIEW 作为图形化编程语言，为我们提供了一个强大的工具，通过它，我学会了如何设计和实现虚拟仪器，并利用其测量电路中的电阻和二极管

的伏安特性。

在实验中,我使用了 NI ELVIS II+综合实验平台作为硬件设备,配合 LabVIEW 进行编程,设计了测量伏安特性的虚拟仪器。从简单的温度测量到电压输出和采集,再到伏安特性的测量,我们逐步掌握了 LabVIEW 的操作和编程技巧。

通过实验数据的采集和分析,我得出了对不同电阻和二极管正反向导通的电阻特性的理解。观察数据并进行线性拟合后,我们能够得到实验数据与理想模型之间的符合程度,以及元件的实际阻值。这种数据分析和结果验证的过程对于实验的解释和结果的可靠性至关重要。

此外,在思考虚拟仪器和传统仪器的区别时,我们发现虚拟仪器具有自动化、精确度高以及减少人力投入的优势。

然而,我认为在探索未知领域或模糊现象时,虚拟仪器也具有一定的局限性。相比之下,传统仪器可能在某些情况下更具灵活性和适应性。