

# 东南大学电工电子实验中心

## 实 验 报 告

课程名称： 电路实验

### 第1、3次实验

实验名称： 电子元器件识别参数测试及常用仪器使用

院（系）： 自动化学院 专 业： 自动化

姓 名： 陈鲲龙 学 号： 08022311

实 验 室： 电子技术4室105实验组别：

同组人员： \_\_\_\_\_ 实验时间： 2023年 10月 31日

评定成绩： \_\_\_\_\_ 审阅教师： \_\_\_\_\_

# 实验一 电子元器件识别参数测试及常用仪器使用（一）

## 一、实验目的

- (1) 掌握电阻、电位器的分类、封装、参数范围、用途等特点。
- (2) 学习掌握示波器、数字万用表的测量对象、范围、精度、用途；掌握电源使用与调节方法；常见故障排除方法。
- (3) 了解电流表电压表的物理模型，运用欧姆定律，通过用电路方法进行电阻测量，对测量误差的分析、推理，掌握电流表内接法、电流表外接法等测量方法；通过对不同测量方法产生误差的估算、分析，建立技术方法存在适用范围的概念。

## 二、实验原理（预习报告内容，如无，则简述相关的理论知识点。）

- (1) 了解脉冲信号的参数定义。

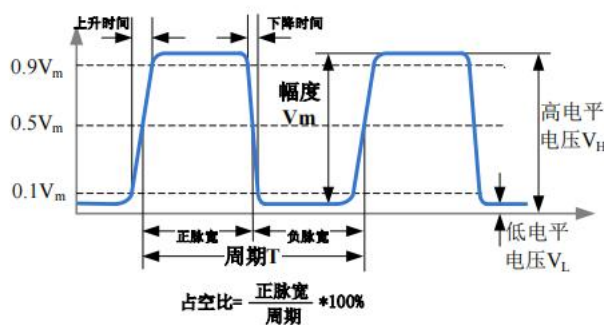


图1 脉冲信号的参数定义

- (2) 了解示波器面板按钮及按钮作用。（以鼎阳示波器为例）



图2 鼎阳 SDS1202X 示波器前面板

编号	说明	编号	说明
1	屏幕显示区	9	水平控制系统
2	多功能旋钮	10	垂直通道控制区
3	自动设置常用功能区	11	补偿（校准）信号输出端/接地端
4	内置信号源	12	模拟通道输入端
5	解码功能选项	13	打印键
6	停止/运行	14	菜单软件
7	自动设置	15	USB Host 端口
8	触发控制系统	16	电源开关

● 水平控制：

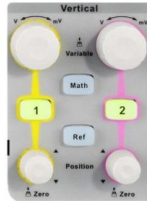


**水平 Position**：修改触发位移。旋转旋钮时触发点相对于屏幕中心左右移动。修改过程中，所有通道的波形同时左右移动，屏幕上方的触发位移信息也会相应变化。按下该按钮可将触发位移恢复为 0。

**水平档位**：修改水平时基档位。顺时针旋转减小时基，逆时针旋转增大时基。修改过程中，所有通道的波形被扩展或压缩，同时屏幕上方的时基信息相应变化。按下该按钮快速开启 Zoom 功能。

按下该键进入滚动模式。滚动模式的时基范围为 50ms/div~50s/div。

● 垂直控制：



**模拟输入通道**：两个通道标签用不同颜色标识，且屏幕中波形颜色与之相对应。按下通道按钮可打开相应通道及菜单，连续按下两次则关闭该通道。

**垂直 Position**：修改对应通道波形的垂直位移。旋转该按钮波形会上下移动，同时屏幕中下方弹出的位移信息会相应变化。按下该按钮可将垂直位移恢复为 0。

**垂直电压档位**：修改当前通道的垂直档位。顺时针转动减小档位，逆时针转动增大档位。修改过程中波形增大或减小，同时屏幕右方的档位信息会相应变化。按下该按钮快速切换垂直档位调节方式为“粗调”或“细调”。

按下该按钮，打开波形运算菜单。可进行加、减、乘、除、FFT、积分、微分等运算。

● 触发控制



按下该键，打开触发功能菜单。进行触发源、触发类型选择（边沿、斜率、脉宽等触发类型）。

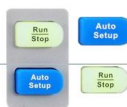
按下 Auto 键，切换触发模式为 Auto（自动）模式；

按下 Normal 键，切换触发模式为 Normal（正常）模式；

按下 Single 键，切换触发模式为 Single（单次）模式。

**触发电平 LEVEL**：设置触发电平。顺时针转动旋钮增大触发电平，逆时针转动减小触发电平。修改过程中，屏幕显示的触发电平线上下移动，同时屏幕右上方的触发电平值相应变化。按下该按钮可快速将触发电平恢复至对应通道波形中心位置。

● 运行控制



按下该键开启波形自动显示功能。示波器将根据输入信号自动调整垂直档位、水平时基及触发方式，使波形以最佳方式显示。

按下该键可将示波器的运行状态设置为“运行”或“停止”。“运行”状态下，该键黄灯被点亮；“停止”状态红灯被点亮。

● 多功能按钮



**1. 多功能按钮**

菜单操作时，按下某个菜单按键后，如旋钮上方指示灯被点亮，此时转动该旋钮，可选择该菜单下的子菜单。按下该按钮可选中当前选择的子菜单，指示灯也会熄灭。另外，该按钮还可以修改 MATH 波形档位和位移、参数值、输入文件名等。

**2. 波形亮度调节**

Display/Persist -> 旋转旋钮，可以调节波形亮度。

● 功能菜单（部分介绍）

按下该键直接开启光标模式。示波器提供手动和追踪两种光标模式，另外还有电压和时间两种光标测量类型。

按下该键快速进入测量系统。可设置测量参数、统计功能。全部测量、Gate 测量等。测量可选择并同时显示最多任意五种测量参数。

按下该键进入采样设置菜单。可设置示波器的获取方式（普通峰值、检测/平均/增强分辨率）、内插方式、分段采集和存储深度（14K/140K/1.4M/14M）。

按下该键进入文件存储/调用界面。可存储/调出的文件类型包括设置文件、二进制数据、参考波形文件、图像文件、CSV 文件和 Matlab 文件。

(3) 了解探头的作用及使用方法。

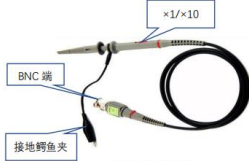


图 3 示波器探头

(4) 了解直流电源使用

- SPD3303C 系列可编程线性直流电源，有三组独立输出；两组可调电压值和一组固定可选择电压值 2.5V、3.3V 和 5V，具有三种输出模式：独立、并联和串联。
- 直流电源前面板（可编程线性直流电源 SPD3303C）

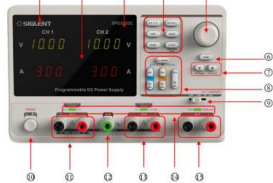


图 4 直流电源前面板

(5) 查阅资料，了解电阻的参数，了解色环电阻标称值读取方法，如五环电阻（色环颜色假设为黄、紫、黑、橙、棕）的阻值为  $470 \times 1k\Omega$ ，误差为  $\pm 1\%$

数值的读取方法

色环	第一环	第二环	第三环	第四环	误差
棕色	0	0	0	1	$\pm 1\%$
黑色	1	1	1	1	$\pm 1\%$
棕色	2	2	2	1	$\pm 1\%$
红色	3	3	3	1	$\pm 1\%$
橙色	4	4	4	1	$\pm 1\%$
黄色	5	5	5	1	$\pm 1\%$
绿色	6	6	6	1	$\pm 1\%$
蓝色	7	7	7	1	$\pm 1\%$
紫色	8	8	8	1	$\pm 1\%$
白色	9	9	9	1	$\pm 1\%$
灰色					$\pm 1\%$
无色					$\pm 1\%$

图 5 四环电阻、五环电阻参数读取方法

(6) 查阅资料，了解面包板用途及结构。

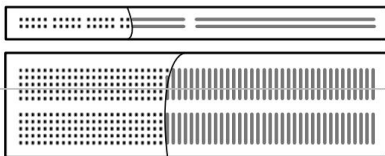


图 6 面包板剖面图

(7) 查阅资料，了解电压表、电流表结构模型及特点。

电压表：电压计并联大电阻；电流表：电流计串联小电阻。



图 7 电流表、电压表结构

编号	说明	编号	说明	编号	说明
①	品牌 LOGO	⑥	微调功能按键	⑩	CH1 输出端
②	显示界面	⑦	左右方向按键	⑪	公共接地端
③	产品型号	⑧	通道控制按键	⑫	CH2 输出端
④	系统参数配置按键	⑨	CH3 档位数码开关	⑬	CV/CC 指示灯
⑤	多功能旋钮	⑪	电源开关	⑭	CH3 输出端

#### ● 系统参数配置按键

NO.1-5 按该键选择存储位置； SER 设置 CH1/CH2 串联模式；

PARA 设置 CH1/CH2 并联模式； RECALL 存储系统读出状态参数设置；

SAVE 保存状态参数设置； LOCK 长按开启/关闭锁键功能。

#### ● 通道控制按键

ALL ON/OFF 开启/关闭所有通道； CH1 CH2 选择通道 1/通道 2 为当前通道

ON/OFF 开启/关闭当前通道输出； CH3 ON/OFF 开启/关闭通道 3 输出。

#### ● 其它按键

FINE 微调功能，参数以最小步变化 V A 选择当前参数设置为电压/电流

#### ● CH1/CH2 独立输出

CH1 和 CH2 输出工作在独立控制状态，同时 CH1 与 CH2 均与地隔离。输出额定值 0-32V，0-3.2A（确定并联和串联键关闭（按键灯不亮））。



#### ● CH3 独立模式

CH3 额定值为 2.5V、3.3V、5V、3.2A，独立于 CH1/CH2。



#### ● 正负电源接法



(8) 了解电流表内接法、电流表外接法测量电阻方法及适用情况。

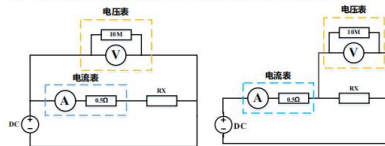


图 8 电流表内接法、电流表外接法

(9) 按下图要求准备导线（可以借助剪刀、剥线钳等工具）

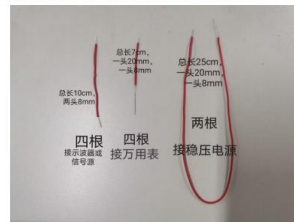


图 9 课前需准备导线

#### 四、实验内容：

##### (1) 示波器的补偿（校准）信号测量

(a) 在示波器稳定显示其补偿（校准）信号，观测其频率、幅度、高低电平电压值，记录波形；（验收）

测量方法：在屏幕上先读出波形垂直所占格数或水平所占格数，然后用“格数×档位（V/DIV，S/DIV）”方式计算相应电压或时间。

表 1. 示波器补偿（校准）信号测量

探头衰减	幅度	高电平电压	低电平电压	周期	频率
	档位	档位	档位	档位	档位
	格数	格数	格数	格数	格数
	计算值	计算值	计算值	计算值	计算值
×1					

(b) 将示波器的探头开关衰减变为“×10”，记录波形，观察实验现象并作出相应处理（幅度、周期即可）。

## 三、实验内容

### (1) 示波器的补偿（校准）信号测量

(a) 在示波器稳定显示其补偿（校准）信号，观测其频率、幅度、高低电平电压值，记录波形；（验收）

测量方法：在屏幕上先读出波形垂直所占格数或水平所占格数，然后用“格数×档位（V/DIV，S/DIV）”方式计算相应电压或时间。

表 1. 示波器补偿（校准）信号测量

探头衰减	幅度	高电平电压	低电平电压	周期	频率
	档位	档位	档位	档位	档位
	格数	格数	格数	格数	格数
	计算值	计算值	计算值	计算值	计算值
×1					

(b) 将示波器的探头开关衰减变为“×10”，记录波形，观察实验现象并作出相应处理（幅度、周期即可）。

探头 衰减	幅度			高电平 电压			低电平 电压			周期			频 率  kHz
*1	档 位  mV	格 数	计 算 值  V	档 位  mV	格 数	计 算 值  V	档 位  mV	格 数	计 算 值  V	档 位  us	格 数	计 算 值  ms	1
	500	4	2	500	4	2	500	0	0	500	2	1	
*10	档 位  mV	格 数	计 算 值  V	档 位  mV	格 数	计 算 值  V	档 位  mV	格 数	计 算 值  V	档 位  mV	格 数	计 算 值  V	1
	100	2	2	100	2	2	100	0	0	500	2	1	

结论：表笔的探头衰减不会改变频率，只不过在计算值时要记得档位\*格数\*探头衰减，忘记乘上探头衰减会使结果差十倍，在操作时要时刻明确探头衰减的档位，以免测量结果出错。

### (2) 用万用表进行电阻测量

用万用表电阻档测量找出器件中 10 Ω、2M Ω 电阻，记录其实际测量值，同时识别其标称值；将实际测量值与标称值比较。

表 2 用万用表进行电阻测量

标称阻值	10 Ω	2M Ω
测量值		
实测误差		

标称阻值	10 Ω	2M Ω
测量值	9.888 Ω	1.95M Ω
实测误差	-1.12%	-2.5%

结论：万用表测量值较标准值相对偏小，但误差在可接受范围内。

### (3) 调节直流稳压源输出电压（验收）

a) 用台式数字万用表测量电压输出，对比两者的电压指示值；

表 3 直流电压测量

CH1 直流稳压电源输出电压显示值	
万用表测量输出电压值	
实测误差	

#### b) 电压源限流观察

将电流输出值设置为零，调节并观察电压输出值。



CH1 直流稳压电源输出电压显示值	5.00V
万用表测量输出电压值	4.9926V
实测误差	-0.148%

电流输出值设置为0，观察到电压输出值也为0.00V。

结论：万用表所测得的电压值略小于显示值，电压源限流时，电流为0，那么电压也为0。

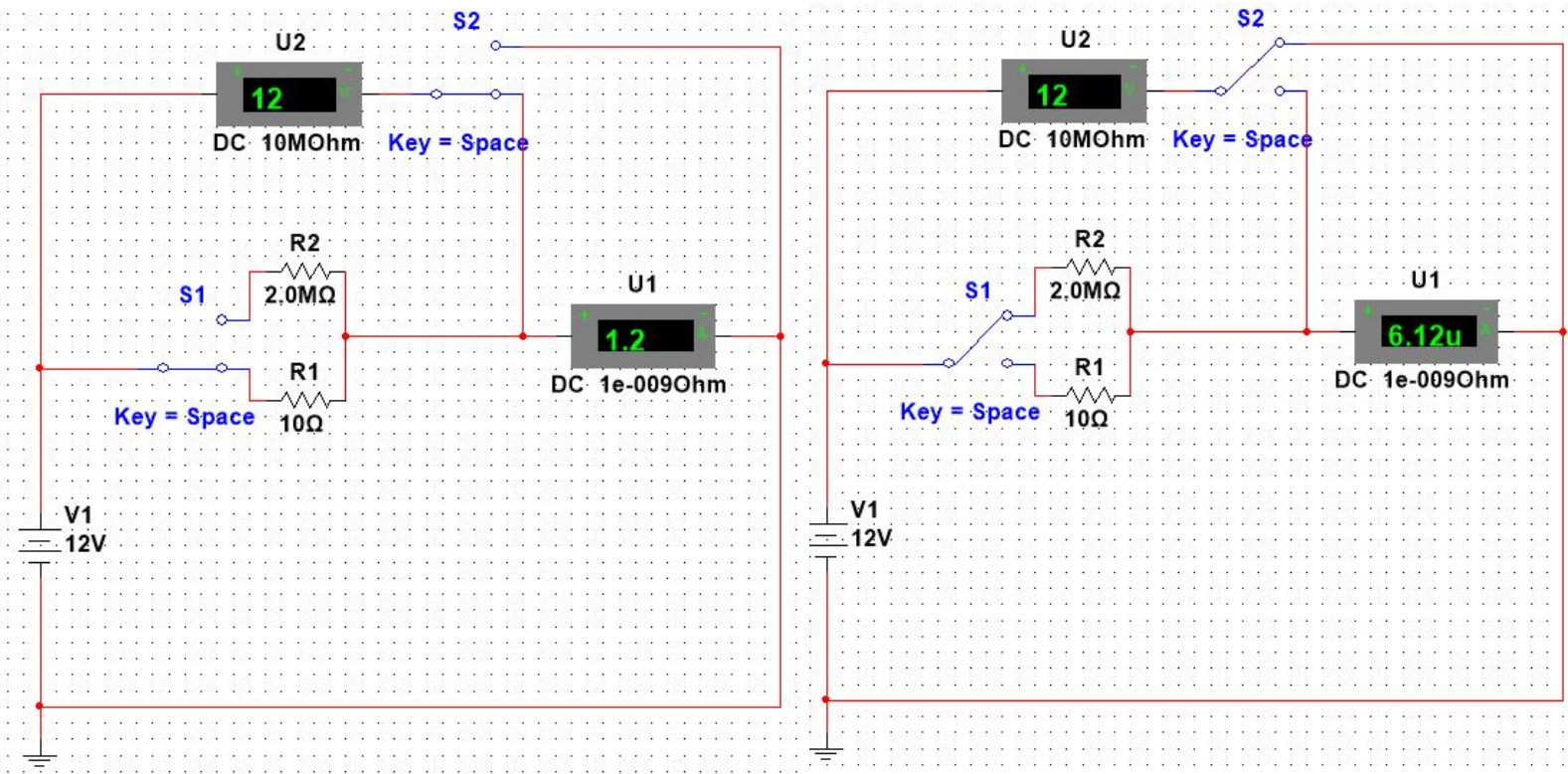
(4) 设计电路，进行电阻阻值的测量（10Ω，2MΩ）（验收）

- a) 选择合适的电源电压，分别用电流表内接和电流表外接两种方法测量每个电阻阻值；
- b) 记录测量数据，对比分析测量误差及误差原因，并以提高测量精度为准则给出实验结论。

**(注意：不能让电路中电流过大(烧坏电路)，也不能让电流太小以便提高测量精度。)**

表 4 电阻测量

电源电压 (V)	测量对象 (标称值)	测量方法	电压 (V)	电流 (I)	电阻 (Ω)	误差 (%)
	10Ω	电流表内接				
	10Ω	电流表外接				
	2MΩ	电流表内接				
	2MΩ	电流表外接				



电源 电压 (V)	测量对象 (标称值)	测量方法	电压 (V)	电流 (I)	电阻 ( $\Omega$ )	误差 (%)
5.00	10 $\Omega$	电流表内接	57.001mV	5.0555mA	11.275	12.75
5.00	10 $\Omega$	电流表外接	50.240mV	5.0552mA	9.938	-0.62
5.00	2M $\Omega$	电流表内接	4.9929V	2.557 $\mu$ A	1.953M $\Omega$	-2.35
5.00	2M $\Omega$	电流表外接	4.9928V	3.06 $\mu$ A	1.63M $\Omega$	-18.4

结论：由于电流表相当于理想电流表串联一个小电阻，电压表相当于理想电压表并联一个大电阻，在测量方法的选择上遵循“大内外小”时误差最小，可以减少电流表小电阻分压以及电压表大电阻分流对测量的影响。

实验三 电子元器件识别参数测试及常用仪器使用（二）

一、实验目的

- (1) 掌握电容、电感、二极管等常用电子元器件的分类、封装、参数范围、用途等特点。
- (2) 进一步掌握示波器的测量方法；掌握DDS信号源使用与调节方法，常见故障排除。
- (3) 运用欧姆定律，通过对测量误差的分析、推理，总结分析提高测量精度的方法。
- (4) 了解二极管、稳压二极管的特性与应用特点，掌握稳压管伏安特性测量方法。

二、实验原理（预习报告内容，如无，则简述相关的理论知识点。）

(1) 了解正弦波信号的参数定义

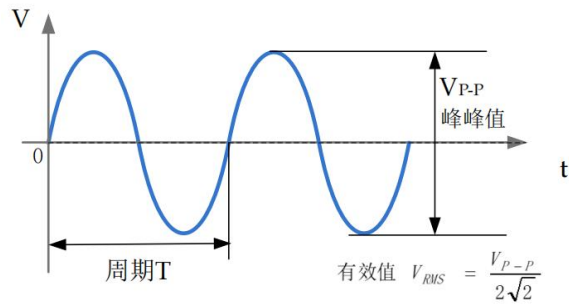


图 1 正弦波信号的参数定义

正弦波是一种周期性波形，其形状类似于正弦函数。在数学上，正弦波可以表示为： $y = A * \sin(2 * \pi * f * t + \phi)$ ，其中，A是振幅，f是频率，t是时间， $\phi$ 是相位角。正弦波的周期是 $T = 1/f$ ，表示该波形在一个周期内完成一次完整的振荡。正弦波的频率是 $f = 1/T$ ，表示每秒钟完成多少个周期。相位角 $\phi$ 表示波形在时间轴上的位置，可以用来描述波形的相对位置或相对时间。其具有两个性质：积分特性，对一个正弦信号做积分时，当积分区间是正弦信号周期的整数倍时，积分结果为0；正交特性，正弦信号集合 $\{\sin 2\pi f_0 t, \cos 2\pi f_0 t, \sin 4\pi f_0 t, \cos 4\pi f_0 t, \sin 6\pi f_0 t, \cos 6\pi f_0 t, \dots\}$ ，由基波 $\{\sin 2\pi f_0 t, \cos 2\pi f_0 t\}$ 和二次谐波 $\{\sin 4\pi f_0 t, \cos 4\pi f_0 t\}$ 等各次谐波组成。在这个正弦信号集合中：任意2个不同的正弦信号的乘积在基波周期内的积分结果都为0。

(2) 查看群文件中的相应万用表数据手册

（SDM3055 第 5 页交流特性、第 8 页测量方法和其他特性中 AC滤波器带宽（实验室105），记录交流测量频率范围）

交流特性		准确度指标 ± (% 读数 + % 量程) <sup>1)</sup>		
功能	量程 <sup>2)</sup>	频率范围	1 年精度 23℃ ± 5℃	温度系数 0℃ ~ 18℃ 28℃ ~ 50℃
真有效值交流电压 <sup>1)</sup>	200 mV	20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.10	0.01 ± 0.005
		45 Hz ~ 20 KHz	0.2 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		20 KHz ~ 50 KHz	1.0 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		50 KHz ~ 100 KHz	3.0 ± 0.05	0.05 ± 0.010
	2 V	20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.10	0.01 ± 0.005
		45 Hz ~ 20 KHz	0.2 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		20 KHz ~ 50 KHz	1.0 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		50 KHz ~ 100 KHz	3.0 ± 0.05	0.05 ± 0.010
	20 V	20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.10	0.01 ± 0.005
		45 Hz ~ 20 KHz	0.2 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		20 KHz ~ 50 KHz	1.0 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		50 KHz ~ 100 KHz	3.0 ± 0.05	0.05 ± 0.010
	200 V	20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.10	0.01 ± 0.005
		45 Hz ~ 20 KHz	0.2 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		20 KHz ~ 50 KHz	1.0 ± 0.05	0.01 ± 0.005
		50 KHz ~ 100 KHz	3.0 ± 0.05	0.05 ± 0.010
真有效值交流电流 <sup>1)</sup>	20 mA	20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.10	0.015 ± 0.015
		45 Hz ~ 2 KHz	0.50 ± 0.10	0.015 ± 0.005
		2 KHz ~ 10 KHz	2.50 ± 0.20	0.015 ± 0.005
		20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.10	0.015 ± 0.005
	200 mA	20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.10	0.015 ± 0.005
		45 Hz ~ 2 KHz	0.50 ± 0.10	0.015 ± 0.005
		2 KHz ~ 10 KHz	2.50 ± 0.20	0.015 ± 0.005
		20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.20	0.015 ± 0.005
	2 A	20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.20	0.015 ± 0.005
		45 Hz ~ 2 KHz	0.50 ± 0.20	0.015 ± 0.005
		2 KHz ~ 10 KHz	2.50 ± 0.20	0.015 ± 0.005
		20 Hz ~ 45 Hz	1.5 ± 0.15	0.015 ± 0.005
	10 A <sup>3)</sup>	45 Hz ~ 2 KHz	0.50 ± 0.15	0.015 ± 0.005
		2 KHz ~ 10 KHz	2.50 ± 0.20	0.015 ± 0.005

交流电压有200mV、2V、20V、200V、750V五个量程，分别都有20Hz-45Hz、45Hz-20KHz、20KHz-50KHz、50KHz-100Hz四种频率范围。

交流电流有20mA、200mA、2A、10A四个量程，分别都有20Hz-45Hz、45Hz-2KHz、2KHz-10KHz三种频率范围。

## 测量方法和其他特性

直流电压		
输入电阻	200 mV 和 2 V 量程 10 M $\Omega$ 或 >10 G $\Omega$ 可选 20 V, 200 V 和 1000 V 量程 10 M $\Omega$ $\pm$ 2%	
输入偏流	<90 pA, 25 $^{\circ}$ C 测试	
输入保护	1000 V, 所有量程	
共模抑制比	120 dB (对于 LO 引线的 1K $\Omega$ 不平衡电阻, 最大 $\pm$ 500 VDC)	
常模抑制比	"零" 速率时 60 dB 打开 "滤波器" 常模抑制比增加 20dB	
电阻		
测试方法	4 线电阻或 2 线电阻可选	
输入保护	1000 V, 所有量程	
直流电流		
分流电阻器	200 $\mu$ A 档取样电压 < 10 mV 2 mA 档取样电压 < 100mV 20 mA, 200 mA 档取样电阻 1 $\Omega$ 2 A, 10 A 档, 取样电阻 10m $\Omega$	
输入保护	位于后面板的可更换 10 A, 250 V 快熔丝 内部 12 A, 250 V 慢熔丝	
连续性 / 二极管测试		
测量方法	使用 1 mA $\pm$ 5% 恒流源测量电阻或电压	
蜂鸣器	有	
连续性阈值	可调	
输入保护	1000 V	
真有效值交流电压		
测量方法	AC 耦合真有效值测量。任意量程下可以有最高 1000V 直流偏置	
波形因素	测量程波形因素 $\leq$ 3	
输入阻抗	所有量程下为 1M $\Omega$ $\pm$ 2% 并联 <100 pF	
AC 滤波器带宽	20 Hz ~ 100 KHz	
共模抑制比	60 dB (对于 LO 引线的 1K $\Omega$ 不平衡电阻和 <60Hz, 最大 $\pm$ 500 VDC)	
真有效值交流电流		
测量方法	直流耦合到保险丝和分流电阻器。AC 耦合到真有效值测量 (测量输入的 AC 成分)	
波形因素	测量程波形因素 $\leq$ 3	
最大输入	包含 DC 成分的 RMS 电流 < 10A	
分流电阻器	2A, 10A 档为 0.01 $\Omega$ , 20mA 和 200mA 档为 1 $\Omega$	
输入保护	位于后面板的可更换 10 A, 250 V 快熔丝 内部 12 A, 250 V 慢熔丝	
频率和周期		
测量方法	测量被测信号数个周期的时间然后计算频率	
测量注意事项	所有频率计数器在小电压, 低频信号时引入误差	

## SDM3095/SDM3095A 数字万用表

电容测量		
测量方法	利用固定电流给电容充电, 测量电压上升的平均速率	
连接形式	2 线	
输入保护	所有量程 1000 V	
温度测量		
测量方法	支持热电偶、热电阻温度测量	
触发和存储器		
采样 / 触发	1 ~ 10000	
触发延迟	6ms ~ 10000ms 可选	
外部触发输入	输入电平	TTL 兼容 (输入端悬空时为高)
	触发条件	上升沿 / 下降沿可选
	输入阻抗	$\geq$ 20K $\Omega$ , #400pF 直流耦合
	最小脉宽	500 $\mu$ S
VMC 输出	电平	TTL 兼容
	输出极性	正负极性可选
	输出阻抗	200 $\Omega$ 典型
历史记录功能		
易失性存储器	10K 读测量数据	
非易失性存储	1Gb NAND Flash 总容量, 海量存储仪器设置文件和数据文件	
数学运算功能		
最小值 / 最大值 / 平均值 / 标准差、dBm、dB、峰值、相对 (Relative)、直方图、趋势图、条形图等		

### (3) 计算最大可测量频率下 0.01 $\mu$ F 电容的理论容抗值。计算最大可测量频率下 330 $\mu$ H电感的理论感抗值

由仪器手册可知最大可测量频率为100KHz。

根据公式  $X_c = 1 / (2\pi fC)$ ，其中  $X_c$  是电容的容抗， $f$  是频率， $C$  是电容的电容值，我们可以计算出 0.01 $\mu$ F 电容在最大可测量频率下的理论容抗值。将电容值  $C$  转换为法拉，得到  $C = 0.01 \times 10^{-6}$  F。最大可测量频率下的容抗  $X_c$  可以通过以下公式计算： $X_c = 1 / (2\pi fC)$ 。将  $C$  和  $f$  的值代入公式，得到  $X_c = 159.155 \Omega$ 。因此，0.01 $\mu$ F 电容在最大可测量频率下的理论容抗值为 159.155  $\Omega$ 。

同理根据公式  $X_L = 2\pi fL$ ，其中  $X_L$  是电感的感抗， $f$  是频率， $L$  是电感的电感值，我们可以计算出 330 $\mu$ H 电容在最大可测量频率下的理论容抗值。将电感值  $H$  转换为亨，得到  $H = 330 \times 10^{-6}$  H。最大可测量频率下的容抗  $X_L$  可以通过以下公式计算： $X_L = 2\pi fL$ 。将  $L$  和  $f$  的值代入公式，得到  $X_L = 207.345 \Omega$ 。因此，330 $\mu$ H 电感在最大可测量频率下的理论容抗值为 207.345  $\Omega$ 。



#### (4) 了解 DDS 信号源作用，了解基本功能和使用方法

##### (4) 了解 DDS 信号源作用，了解基本功能和使用方法。

###### ● SDG1000X 信号源性能指标：

◇ **频率范围：**最大输出频率 60MHz

◇ **幅度范围：**最大输出幅度 20Vp-p



图 2 DDS 信号源面板

19

###### ● 常用功能按键



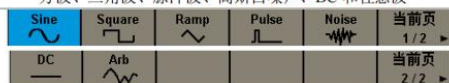
◇ **Waveforms**：用于选择基本波形

◇ **Parameter**：用于设置基本波形参数，直接进行参数设置：

◇ **Ch1/Ch2**：切换 CH1 或 CH2 为当前选中通道。开机时默认选中 CH1, 用户界面 CH1 对应的区域高亮显示，且通道状态栏边框显示为绿色；按下此键可选中 CH2，用户界面 CH2 区域高亮显示，且边框显示黄色。



◇ 在 Waveforms 操作界面下有一列波形选择按键，分别为正弦波、方波、三角波、脉冲波、高斯白噪声、DC 和任意波



◇ **通道输出控制**：使用 Output 按键，将开启/关闭前面板的输出接口的信号输出。

选择相应的通道，按下 Output 按键，该按键灯被点亮，同时打开输出开关，输出信号。再次按 Output 按键，将关闭输出。



**数字键盘**：用于编辑波形时参数值的设置，直接键入数值可改变参数数值。

**旋钮**：用于改变波形参数中某一数位的值的大小

**方向键**：使用旋钮设置参数时，用于移动光标以选择需要编辑的位，使用数字键盘输入参数时，用于删除光标左边的数字

#### (5) 学习二极管及稳压管的特性

二极管（硅管）有单向导通性和伏安特性：死区电压0.4V、导通电压0.6-0.8V

稳压管反向特性：电流可在较大范围内变化，而稳压管两端电压基本稳定在击穿电压，从而实现稳压功能。

二极管是一种常见的半导体器件，根据其结构和特性，可分为以下几类，各有不同的作用：

##### 1. 矽二极管 (Silicon Diode)：

-整流器：将交流信号转换为直流信号。

-保护器：用于保护其他电子元件免受反向电压或过电压的损害。

-温度补偿器：利用矽二极管的温度特性来进行温度补偿。

##### 2. 钝化二极管 (Zener Diode)：

-稳压器：通过利用逆向击穿效应，在一定范围内稳定输出电压。

-电压参考源：提供一个稳定的参考电压。

##### 3. 光电二极管 (Photodiode)：

-光电探测器：将光信号转换为电信号，广泛应用于光通信、光电传感等领域。

-光电电阻器：在光照条件下变化电阻。

##### 4. 双向二极管 (Bidirectional Diode)：

-双向开关：可用于保护电路免受正向和逆向电压的影响，通常用于防雷保护等应用。

##### 5. Schottky二极管 (Schottky Diode)：

-高速切换器：由于其快速开关特性，适用于高频电路和开关电源中。

##### 6 Gunn二极管 (Gunn Diode)：

-微波振荡器：具有负阻特性，可被用作微波振荡器或发生器。

(6) 了解分析稳压管伏安特性测量方法

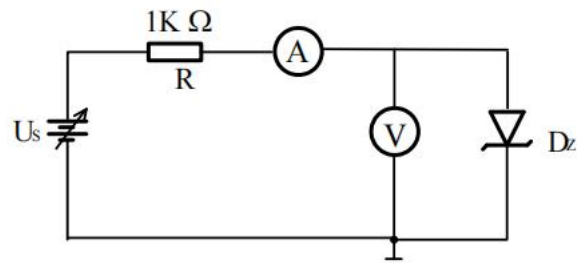


图 3 测量稳压二极管的伏安特性

如图搭建电路，电流表电压表分别测稳压二极管两端的电流和电压，电阻保护二极管和电路作用，改变 $U_s$ 的大小和输出频率，记录两电表的数值，从而可得出稳压二极管的伏安曲线、伏安特性。

(7) 设计数据记录表格。

表 1 测量二极管正向伏安特性电压与电流对应关系

$U_s/V$	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
$U/V$													
$I/mA$													

三、实验内容（实验数据记录及分析）

(1) DDS 信号源输出 20kHz 的脉冲 (Pulse) 波形，低电平 0V，高电平 5V，占空比 50%。示波器稳定显示波形。

a) 用示波器测量信号的周期、频率、幅度和低电平电压、高电平电压、上升时间、下降时间（测量方法：使用面板上的“Measure”按钮，调出菜单，在显示屏上读数）；用万用表测量其直流分量。（验收）

表 1 脉冲信号的测量

信号源	示波器测量结果							万用表测量结果
频率(Hz)	幅度	高电平电压	低电平电压	周期	频率	上升时间	下降时间	直流分量
20k								

20

b) 改变示波器测量通道的耦合方式，观察记录波形：波形、周期、频率、幅度、低电平电压、高电平电压各会有什么变化，并解释原因；

c) 调整示波器通道菜单探头倍率（探针电压（固纬）），观察记录波形参数变化（10×，0.1×），并说明最终数据处理方法；

d) 改变触发源、调节触发电平，观察显示波形有无影响？

（测上升时间、下降时间时探头衰减开关“×10”，提高测量精度）

注意：示波器有关电压参数的定义

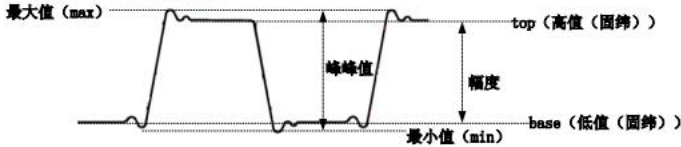


图 4 示波器有关电压参数的定义

最大值：波形最高点至 GND（地）的电压值；最小值：波形最低点至 GND 的电压值；

峰峰值：最大值和最小值之间的差值；

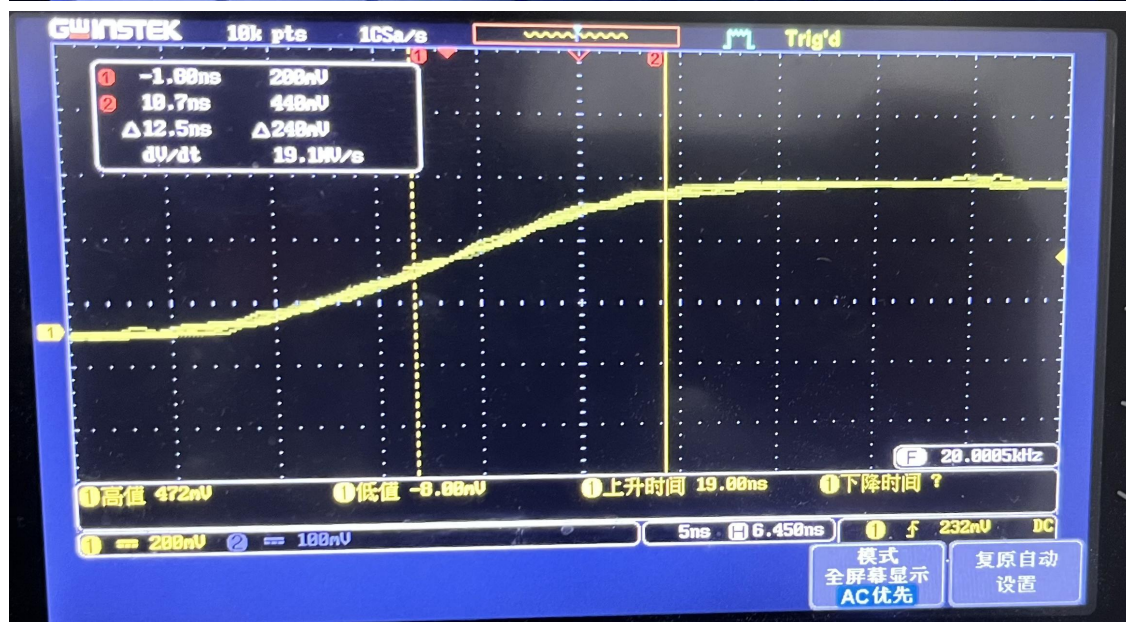
幅值（幅度）：顶端值与底端值之间的差值；

顶端值：波形平顶至 GND 的电压值；

底端值：波形平底至 GND 的电压值。

信号源	示波器测量结果							万用表测量结果
频率(Hz)	幅度	高电平电压	低电平电压	周期	频率	上升时间	下降时间	直流分量
20k	4.96V	4.96V	0.00V	49.99us	20kHz	18.41ns	22.61ns	2.5091V





总结要点:

1. 高低电平电压要读平缓稳定处高值和低值而非尖端毛刺上的最大值最小值。
2. 上升下降时间测量时, 要将探头衰减调到\*10档位, 并拉宽波形待其稳定后, 测量所得才准确。
3. 可以将测量对象添加到屏幕下方, 使Measure界面不遮挡波形。



(2) 正弦波测量，设置频率为 1.5kHz，峰峰值为 3V。测量频率，周期，峰峰值，有效值。并解释峰峰值-有效值、周期-频率对应关系。(验收)

测量方法：

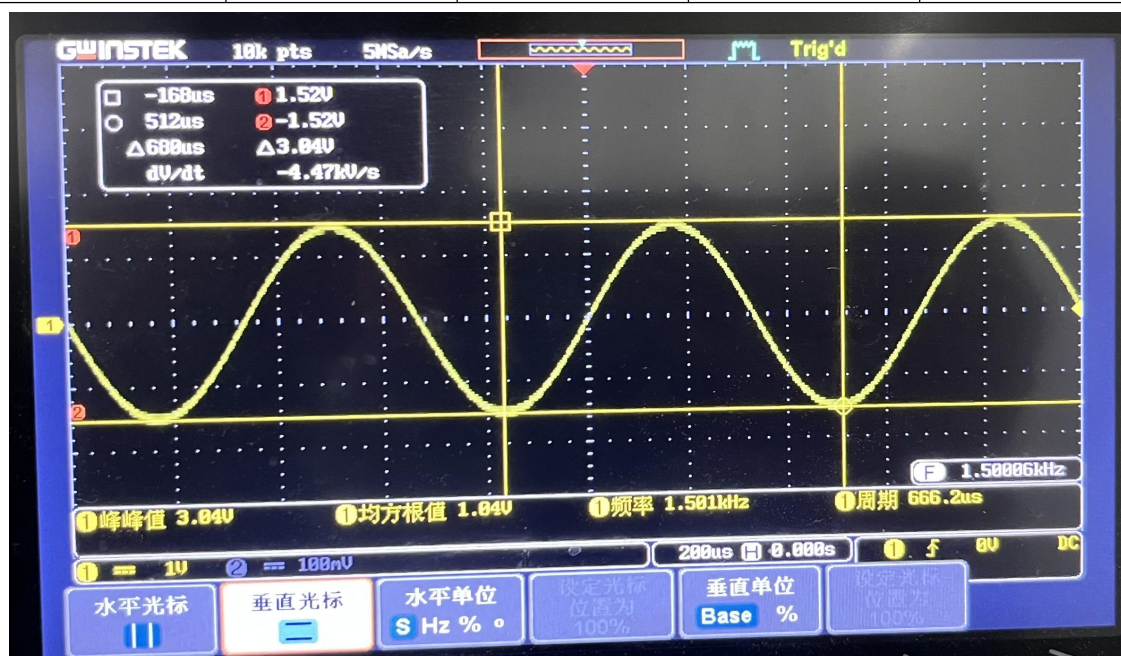
a) 用光标“Cursor”来测量。

b) 使用“Measure”按钮，调出菜单，在显示屏上读数。

表 2 正弦波的测量

测量方法	峰峰值	周期	有效值	频率
a			-----	-----
b				

测量方法	峰峰值	周期	有效值	频率
Cursor	3.04V	680us	\	\
Measure	3.04V	666.2us	1.04V	1.501kHz



(有效值即“均方根值”)

(3) 用数字万用表直接测量电容 (0.022  $\mu$ F) 的参数；测量稳压二极管的极性，描述极性判断方法。

数字万用表测电容，测得22.6nF即0.0226  $\mu$ F，与标称值接近，误差较小；稳压二极管红色端是正极，黑线端为负极，万用表调到测电压，正接时，电压显示“0.744V”，代表红表笔连到稳压二极管正极；反接时，万用表显示“OPEN”，代表红表笔连到稳压二极管负极。

(4) 设计电路，测量电容和电感 (0.022  $\mu$ F、330  $\mu$ H 电感) (验收)

a) 选择信号源作为激励源，选择信号频率，计算相应容抗、感抗：

测量频率	容抗 ( $\Omega$ )	测量频率	感抗 ( $\Omega$ )

b) 选择电阻、电容，或者电阻、电感构成电路，接入激励源；

c) 选择测量方法，画出测量电路；

d) 在不同频率段分别测量并记录实验数据 (各测两组数据)，计算电容、电感的参数；

测量方法：根据感抗、容抗参数值在电流表内接和外接中选择一种合适测量方法。



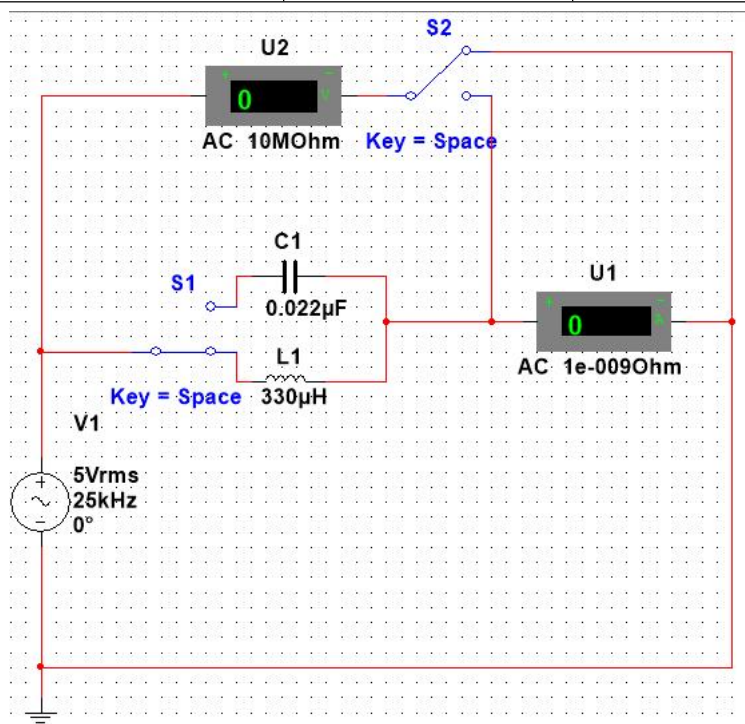
表3 用电路方法进行电容电感测量

激励源频率 (Hz)	测量对象 (标称值)	测量方法	电压 (V)	电流 (I)	元件参数	误差 (%)
	(电容)					
	(电容)					
	(电感)					
	(电感)					

c) 思考：如何提高测量精度？

理论计算值：

测量频率	容抗 ( $\Omega$ )	测量频率	感抗 ( $\Omega$ )
5kHz	1446.86	15kHz	51.84
25kHz	289.37	25kHz	31.1



实验测量数据：

激励源频率 (Hz)	测量对象 (标称值)	测量方法	电压 (V)	电流 (I)	元件参数	误差 (%)
5kHz	0.022 $\mu$ F	内接	0.84852	0.6031mA	0.0226 $\mu$ F	2.838
25kHz	0.022 $\mu$ F	内接	0.28895	0.9742mA	0.02146 $\mu$ F	-2.44
25kHz	330 $\mu$ H	外接	0.609	12.5139mA	310 $\mu$ H	-6.06
15kHz	330 $\mu$ H	外接	0.40015	13.6891mA	310.07 $\mu$ H	-6.06

思考：如何提高测量精度？

答：首先选择合适的激励源频率，使得容抗感抗的值不过大过小，符合电压表电流表的量程和精度，便于测出；其次根据理论值阻抗大小，参考测电阻时“大内小外”的原则，选择合适的连接方式以减小误差。

(5) 稳压二极管伏安特性的测量：（提高）

a) 参照图 2，设计测量方法，搭试实验电路：

● 正向特性：

搭接电路，调节稳压电源  $U_s$ ，电流表的读数在  $0\text{mA}\sim 20\text{mA}$  范围内取 6 组左右数据，记录稳压二极管流经不同电流时的 PN 结电压。

（注意：为了能较好描述伏安特性曲线，在电流变化急剧处需多测量一些点）

● 反向特性：

稳压管反接，调节稳压电源  $U_s$ ，逐渐增大稳压二极管上的反向电压，观察电流表的读数变化，直到电流突然增加时为止，记录 6 组左右数据。

（注意：记录反向电流突然增加时电压的数值）

表 4 测量稳压二极管的伏安特性

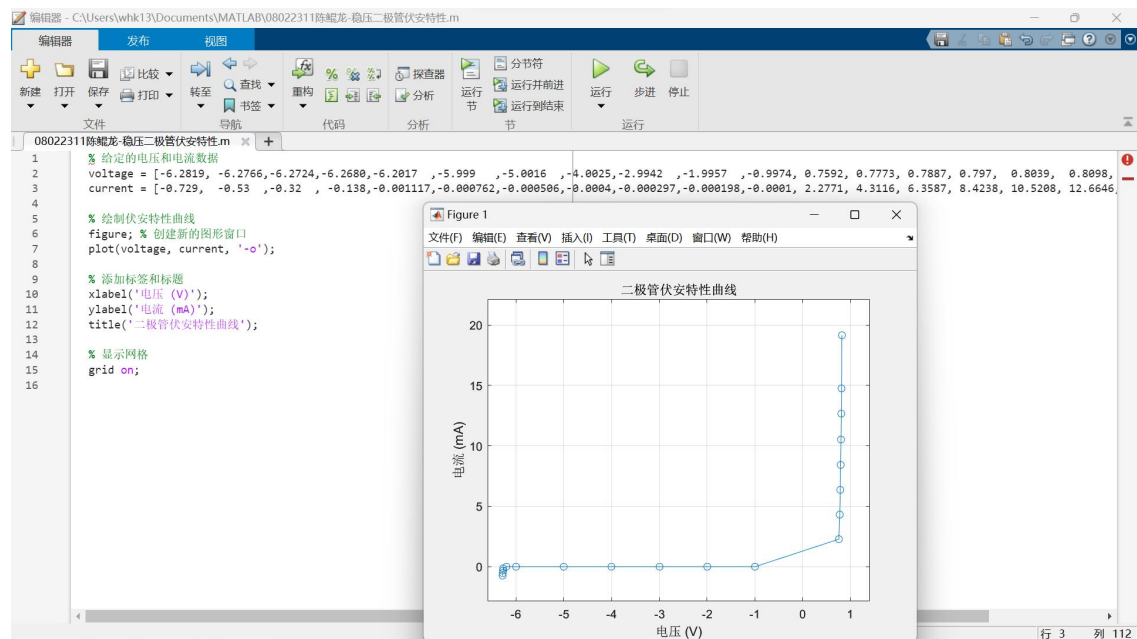
U/V		.....	0	.....	
I/mA	-10				20

b) 描绘稳压二极管的伏安特性曲线，并分析说明。

实验数据记录：

稳压二极管正接		
电源电压（V）	二极管两端电压（V）	二极管两端电流（mA）
3	0.7592	2.2771
5	0.7773	4.3116
7	0.7887	6.3587
9	0.797	8.4238
11	0.8039	10.5208
13	0.8098	12.6646
15	0.8141	14.7499
19	0.8232	19.1477
稳压二极管反接		
电源电压（V）	二极管两端电压（V）	二极管两端电流（mA）
1	0.9974	0.0001
2	1.9957	0.000198
3	2.9942	0.000297
4	4.0025	0.0004
5	5.0016	0.000506
6	5.9999	0.000762
6.2	6.2017	0.001117
6.4	6.2680	0.138
6.6	6.2724	0.32
6.8	6.2766	0.53
7.0	6.2819	0.729

将数据输入Matlab进行绘制：



伏安曲线分析：

稳压二极管的伏安特性曲线如上图所示，

- ①： 正向偏置状态。此状态记下，稳压二极管的特性表现为普通二极管的特性，即：随着正向偏压的提高，正向电流变化很大、很陡。
- ②： 反向偏置状态。此状态下，当反向电压没达到VBR之前，稳压二极管基本没导通；而当反向偏压接近VBR值时，稳压二极管开始导通，产生IR电流。本实验操作中，电源电流6.6V左右时，反向电流的数量级突然从 $\mu A$ 变为mA，体现出了“击穿”，随着反向偏压的提高，反向电流IR也会激烈变化得很大、很陡。尽管电流在很大的范围内变化，而二极管两端的电压却基本上稳定在击穿电压附近，从而实现了二极管的稳压功能。

## 四、实验使用仪器设备（名称、型号、规格、编号、使用状况）

SDG1032X信号源

SDG3055X-E万用表

GDS1102B示波器

Multisim软件

Matlab软件

## 五、实验总结

（实验出现的问题及解决方法、思考题（如有）、收获体会等）

总结：

示波器操作中时刻明确表笔探头衰减的档位，\*10及时调回\*1，避免影响测量结果。

测量电感时选择合适的信号频率，大于5kHz，否则感抗过小会增加测量误差。

注意信号幅度，避免过流。

为更好的描绘二极管伏安特性曲线，可在电流变化急剧处多测几组数据，例如本实验中，在击穿电压附近，我缩小了步长从1V变成0.2V，多测了4组数据。

## 六、参考资料（预习、实验中参考阅读的资料）

[1] 张明铎. 稳压管伏安特性测量中电表的正确接法[J]. 大学物理实验, 2016, 29(02): 67-70. DOI:10.14139/j.cnki.cn22-1228.2016.002.018.

[2] 和俊杰, 丁鸿哲, 彭跃红. 稳压二极管伏安特性的测量[J]. 楚雄师范学院学报, 2013, 28(09): 32-34.