

# 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： 2020-9-14  
地点： 东三-406

课程名称： 电路与电子技术实验    指导老师： 祁才君    成绩：  
实验名称： 常用仪器的使用    实验类型： 验证实验    同组学生姓名： 郑冰阳

## 一、 实验目的和要求

- (1) 认识和学会选择常用的无源电子器件（如：电容，电感，电阻等）
- (2) 掌握常用电子仪器的使用
- (3) 掌握实验硬件平台的使用

## 二、 实验内容和步骤

### 1. 实验内容

- (1) 认识和学会选择常用的无源电子器件（如：电容，电感，电阻等）
  - 用万用表测出任意两个电阻 (R) 的阻值，并与其色环所指示的电阻值进行比较。
  - 检查并验证电位器 (W) 中心头的功能。
  - 查看电解电容器 (CD) 上的规格和极性标记，并用万用表检查电解电容器的漏电阻 (注意万用表笔的极性)，测出任意二个电容器的漏电阻值
  - 调节稳压电源输出  $\pm 12V$ ，用万用表测量并验证
- (2) 示波器和信号源联合使用练习
  - 用机内“探头补偿信号”对示波器进行自检，并记录波形, 频率, 周期, 幅值, 上升下降沿时间等
  - 设置如下波形，并测量相关数据:

信号源输出 电压及频率	示波器测量值			
	峰峰值 (V)	有效值 (V)	周期 (ms)	频率 (Hz)
25kHz 正弦波 80mV, 偏移量 20mV				
1kHz 方波 5V, 偏移 0, 占空比 40%				
2kHz 锯齿 5V, 偏移 1V, 对称性 20%				
1kHz 脉冲 3V, 偏移 1V, 占空比 50%, 边沿 50ns				

图 1: 信号源输出电压及频率

## (3) 示波器双踪显示

- 调节信号发生器输出正弦波的频率为 1kHz，有效值为 1.5V；方波频率为 1kHz，低电平为 0V，高电平为 3V。在示波器上双踪显示输出如下图稳定的波形。

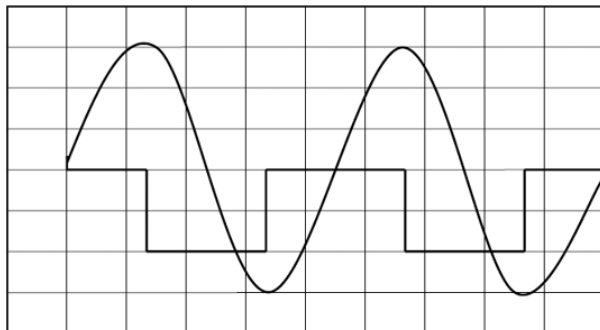


图 2: 实验输出波形

- 信号发生器输出有效值为 1V，频率 10Hz~1MHz 变化的正弦波。按照下图所示连接电路，观察  $U_R$  不同频率输入下输出有效值的大小（即幅频特性），并描绘曲线  $U_R(f)$

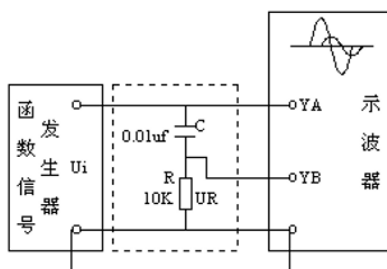


图 3: 实验要求电路

## 2. 实验步骤

- (1) 检查仪器是否完善，有无缺失
- (2) 按照实验要求进行实验，并记录数据
- (3) 整理实验仪器，并仪器放回原位

## 三、 主要仪器设备

- (1) Keysight DSOX1102G 示波器
- (2) RIGOL DG1022U 信号源
- (3) GWINSTEK GPD4303S 稳压源

- (4) 求是 MADCL-1 实验箱
- (5) 优利德 UT890D+ 数字万用表
- (6) 探头线, 导线若干

#### 四、 操作方法和实验步骤

##### 1. 实验（1）

1. 检查实验仪器是否可以正常使用, 有无缺失, 取出数字万用表并打开数字电子技术实验箱, 分别选择标量为 200K/1W 5.1K/1W 510/1W 的电阻, 以测量其阻值
2. 记录电阻标量数据, 并记录其色环颜色
3. 数字万用表选取 600K 测量挡位, 对标量为 200K/1W 的电阻进行测量。测量时先将表笔短接, 再测量电阻  $R_{01}$ 。测量完毕后, 将表笔反接, 再次测量其电阻  $R_{02}$
4. 数字万用表选取 6K 挡位, 对标量为 5.1K/1W 的电阻进行测量, 重复步骤 3
5. 数字万用表选取 600 测量量挡位, 对标量为 510/1W 的电阻进行测量, 重复步骤 3
6. 选取标量为 100K 的电位器以验证电位器中心头的功能, 并将电位器旋头转到最小
7. 数字万用表视情况选取 60K/600K 挡位, 表笔短接, 测量此时电位器阻值 (可变端) 并记录其电阻  $R_1$ 。将电位器旋头旋转一圈后, 重复此步骤, 直至电位器阻值最大。
8. 选取 1000 $\mu$ F 的电解电容以测量其漏电阻
9. 将漏电短接, 以放光其中电荷
10. 将数字万用表调至电流挡, 将数字万用表红表笔连接电容器正极, 黑表笔连接电容器负极, 连接完毕后, 将数字万用表挡位迅速切换至 60K 挡位, 每隔 5s 记录一次其电阻  $R_2$ , 直至超出量程
11. 测量完毕后, 将电解电容再次短接, 以放光其中电荷
12. 检查直流稳压源是否完整, 导线有无破裂等, 检查完毕后, 将直流稳压源通电并打开电源, 并调节 CH2 至 12V
13. 用导线将直流稳压源的正负极连接, 短暂的输出电流, 以除去其中的静电
14. 将直流稳压源的正负极分别与数字万用表的正负级连接, 将数字万用表挡位切换至 60V 挡位, 输出电流, 测量其电压  $V_2$  并记录数据。
15. 将表笔反接, 重复步骤 15, 再次进行测量
16. 关闭直流稳压源电源, 整理实验仪器并整理实验数据

## 2. 实验（2）

1. 检查仪器是否可以正常使用，有无缺失。检查完毕后，打开示波器电源
2. 用探头线将示波器与自身的探头补偿信号连接，将波形调节稳定后，记录其波形，频率  $f_3$ ，周期  $T_3$ ，幅值  $A_3$ ，上升下降沿时间  $\Delta T_3$  等
3. 打开信号发生器电源，用探头线将示波器与信号发生器连接
4. 按照实验内容要求，调节信号发生器的输出电压以及输出频率等，调节示波器的采集模式为平均模式，调节示波器的电平直至示波器图像稳定，记录此时的峰峰值  $A_4$ ，有效值  $A'_4$ ，周期  $T_{04}$ ，频率  $f_{04}$
5. 关闭信号发生器以及示波器电源，整理实验仪器并整理实验数据

## 3. 实验（3）

1. 检查各仪器是否可以正常使用，有无确实。检查完毕后，打开示波器以及信号发生器电源
2. 用探头线将示波器的 CH1 与信号发生器的 CH1 连接，示波器的 CH2 与信号发生器的 CH2 连接
3. 调节信号发生器 CH1 输出正弦波且频率为 1Hz，有效值为 1.5V；CH2 输出方波且频率为 1KHz，低电平 0V，高电平为 3V
4. 调节示波器的采集模式为平均模式，调节示波器的电平直至示波器图像稳定，记录输出的数据，记录完毕后关闭信号发生器的输出
5. 按照图 3 所示，连接电路
6. 设置信号发生器的输出有效值为 1V，初始频率为 10Hz 的正弦波，调节示波器直至图像稳定。读取示波器 CH1,CH2 的电压峰值  $V_{05}$ ， $V_{06}$ ，以及电压有效值  $V'_{05}$ ， $V'_{06}$
7. 分别调节正弦波的频率至 100Hz，1KHz，10KHz，100KHz,1MHz，重复步骤 6
8. 关闭信号发生器以及示波器电源，整理实验仪器并整理实验数据

## 五、 实验数据记录和处理

### 1. 实验（1）

1. 使用数字万用表，分别使用正接，反接的方法测量所选取的三个电阻的阻值  $R_{11}$ ， $R_{12}$ ，并取平均值，得出如下数据：

电阻标量	标量误差	$R_{11}$	$R_{12}$	average
200K/1W	1%	198.5K	198.5K	198.5K
5.1K/1W	1%	5.052K	5.051K	5.052K
510/1W	1%	504.6	504.7	504.7K

表 1: 测量电阻

2. 选取电阻挡位，测量电阻随中心头旋转圈数得变化，测得如下数据：

旋转圈数	0	1	2	3	4
$R_1(\Omega)$	0	19.84K	19.90K	30.00K	40.12K
旋转圈数	5	6	7	8	9
$R_1(\Omega)$	50.21K	60.59K	70.4K	80.5K	90.5K

表 2: 测量电阻

3. 使用数字万用表电阻挡位，测量电容随时间变化，测得电阻与时间的关系，得出如下数据：

电容标量	测量挡位	$R_2(5s)(\Omega)$	$R_2(10s)(\Omega)$	$R_2(15s)(\Omega)$	$R_2(20s)(\Omega)$	$R_2(25s)(\Omega)$
1000MF	60K	5.07	12.80	21.84	39.04	60.44

表 3: 漏电电容

4. 使用数字万用表电压挡位，分别测量 +12V/-12V 的直流电源电压，测得如下数据：

输出电压	12V	-12V
$V_2(V)$	12.07V	-12.08V

表 4: 直流稳压源

## 2. 实验（2）

1. 采用示波器内置的“探头补偿信号”，调整示波器直至图像稳定，读出其波形，频率，周期，幅值，上升下降沿时间等，获得如下图像：



图 4: 示波器图像：探头补偿信号

得出如下数据：

波形	频率 (KHz)	周期 (ms)	幅值 (V)	上升沿时间 ( $\mu s$ )	下降沿时间 ( $\mu s$ )
方波	1.00	1.00	2.40	1.63	1.63

表 5: 探头补偿信号

2. 调整示波器至图 4 要求, 调整示波器直至图像稳定, 得出如下相关数据:

信号源输出电压及频率	示波器测量值			
	峰峰值 (V)	有效值 (V)	周期 (ms)	频率 (Hz)
25kHz 正弦波 80mV, 偏移量 20mV	$8.63 \times 10^{-2}$	$2.84 \times 10^{-2}$	$4.02 \times 10^{-2}$	$2.49 \times 10^4$
1kHz 方波 5V, 偏移 0, 占空比 40%	5.08	2.48	1.00	$1.00 \times 10^3$
2kHz 锯齿 5V, 偏移 1V, 对称性 20%	4.94	1.40	$5.02 \times 10^{-1}$	$1.99 \times 10^3$
1kHz 脉冲 3V, 偏移 1V, 占空比 50%, 边沿 50ns	2.99	1.52	1.00	$1.00 \times 10^3$

表 6: 信号输出与示波器图像

### 3. 实验 (3)

1. 按照操作方法和实验步骤实验 (3) 步骤 6 进行实验, 调整示波器直至图像稳定, 获得如下图像:

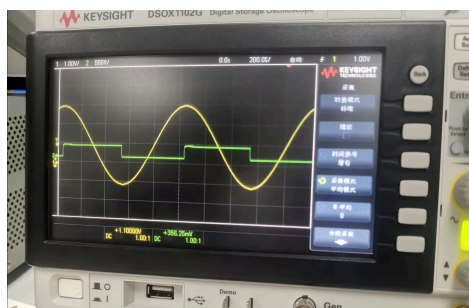


图 5: 示波器图像: 双通道

2. 按照要求连接电路, 调节信号发生器频率并调整示波器直至图像稳定, 测得如下数据:

频率 (Hz)	$V_{05}(V)$	$V'_{05}(V)$	$V_{06}(V)$	$V'_{06}(V)$
10	2.93	0.966	$4.10 \times 10^{-2}$	$6.70 \times 10^{-3}$
100	2.89	0.969	0.205	$6.13 \times 10^{-2}$
$10^3$	2.89	0.970	1.59	0.516
$10^4$	2.89	0.968	2.85	0.946
$10^5$	2.85	0.956	2.77	0.945
$10^6$	2.83	0.963	2.81	0.960

表 7: 不同频率下电阻分压

将  $V'_{05} - f$  与  $V'_{06} - f$  绘制曲线 (由于  $x$  的跨度过大, 我们选取  $\log_{10} x$  作为横坐标), 绘制得  $U_R f$ :

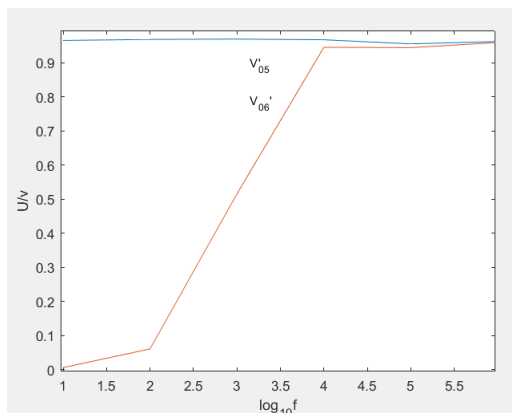


图 6: 有效值峰值与频率关系

## 六、实验结果与分析

### 1. 实验 (1)

1. 根据表 1 的实验数据, 与对应电阻上的色环所表示的电阻值与误差比较, 得标量为 200K/1W 与 2.1K/1W 的电阻均在色环所示的误差范围之内, 而标量为 510/1W 的电阻其电阻的实际阻值在其标量允许的误差范围之外。
2. 对表 2 的数据进行分析, 通过计算其线性回归方程, 并根据其各点的位置画出图像:

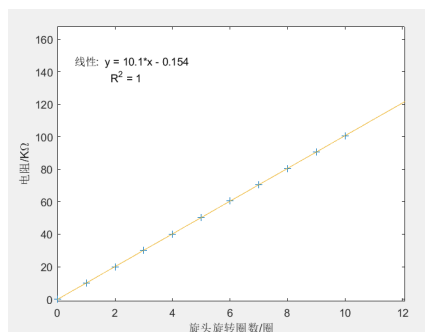


图 7: 电阻变化与旋头旋转圈关系

由此可以得出, 中心头控制电位器的电阻, 且其电阻变化与旋头旋转关系呈线性关系。

3. 根据表 3 的实验数据, 绘制电容的漏电电阻与时间的变化关系:

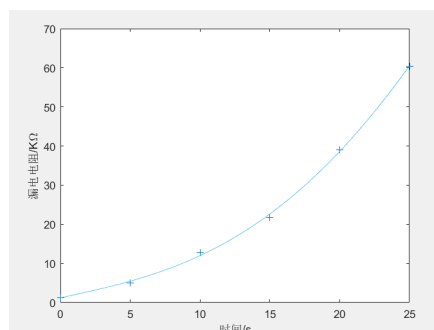


图 8: 电容变化与时间关系

根据拟合结果，我们推测电阻与时间变化为指数或者三次及以上的多项式

4. 对直流稳压源直接反接测得的电压取平均值，得平均电压  $U = 12.07V$ ，在数字万用表的误差范围内。

## 2. 实验（3）

在实验（3）中， $V'_{05}$  的大小几乎保持不变，而  $V'_{06}$  的大小却呈“s”型分布。对于  $V'_{05}$  而言，其测量始终为输出的电压，因此  $V'_{05}$  的值在 1V 左右波动，而对于  $V'_{06}$ ，电容的容抗与频率呈负相关，因此  $V'_{06}$  随频率逐渐增加，且呈“s”型分布。

# 七、 讨论与反思

## 1. 实验（1）

1. 在进行使用数字万用表测量电阻实验中，我们测量电阻时分别采取了正接，反接两种测量方式进行测量，而对电阻标量为 510/1W 和 5.1K/1W 的电阻进行测量时，正接和反接所测得的电阻有着细微的差别，我们认为是以下几点原因：
  - 偶然误差，电阻受空气流通情况，连接稳定程度，连接地点等因素的影响，但经过多次实验后，排除了此项原因
  - 表孔与电阻之间的接触存在一定问题，根据正接反接的不同，接触电阻的大小也会发生变化
  - 电阻或者是数字万用表可能并不具有准确的对称性，即电阻或者数字万用表可能具有极性，导致正向导通与反向导通产生的电阻不同
2. 在进行使用数字万用表测量电阻的实验中，我们发现所有测量的电阻均偏小，甚至有些超过了误差范围，由于所有测量的电阻均较电阻的标定数值偏小，我们认为是以下原因
  - 电阻的年限较大，导致老化或者是氧化，电阻率下降，从而导致测得的电阻偏小
  - 数字万用表的电源电压偏大，导致电流偏大，进而导致电阻偏小
  - 数字万用表的内置电阻偏小或内部短路，但由于我们选取的所有电阻均与标定数值有较为明显的偏差，因此我们认为此项可能性不大。



3. 在测量电位器中心旋头实验时，我们采用 60K 欧姆表挡位测量电阻时，发现其测量量程略大于 60K，结合**第一点**，我们认为，数字万用表的欧姆表挡位测量电压可能偏大，导致实际量程偏小。
4. 在测量直流稳压源电压一实验中，切断直流稳压源的电压输出后，数字万用表仍有一定的示数。究其原因，应该是直流稳压源的正极与负极之间存在一定的静电。因此，为消除静电所带来的误差，我们应该在打开输出开关之前以及关闭输出开关之后，及时用导线将正负极连接，以除去其中的静电。
5. 在**实验（2）**中，我们对测量波形峰峰值等数据时分别采用了手动测量以及示波器内部的自动测量装置对其进行了测量，结果二个测量峰峰值的结果之间有较大的偏差。经过研究之后我们发现，其原因有二：
  - 在测量波形时，由于噪声的影响，示波器显示的波形上面有许多的毛刺（及波形线条十分“粗”），而测量波形时应该选择这些值的平均值，而示波器内置的测量方式只是简单地选取了其中的最大值以及最小值，因此有较大的误差。
  - 由于示波器内部抑或是信号源内部存在一定的电感和电容，而对于方波，其受电感和电容的影响较为明显。因此在测量方波的峰峰值时，会产生一些较高的但存在时间极短的电压，而这显然是由于其内部的电容电感造成的，并不应该计算在内。

为此，我们应调节示波器的采集模式至平均模式，而对于一些会产生较大误差的波形，我们应该进行手动测量。

## 八、思考题

1. 示波器触发中“**AUTO**”与“**NORM**”有何区别？

当触发开关处于”**AUTO**“模式时，无论有没有被测信号，示波器都会进行自动扫描并形成扫描线，而触发开关处于”**NORM**“模式时，如果没有被测信号，抑或是被测信号无法形成出发脉冲时，示波器并不会形成扫描线。通常而言，应将示波器放置于“**AUTO**”挡位，而当被测信号的频率较低时，应将示波器调至“**NORM**”挡位

2. 信号发生器的同步端输出有什么特点？

信号发生器的同步端输出可以使用相同的时钟进行输出，即使输出的信号相位相同

3. 信号发生器的衰减开关有什么作用？

可以快速调节信号发生器输出的电压大小

4. 能否用晶体管毫伏表测量三角波的有效值？

晶体管毫伏表是测量正弦电压信号有效值的仪器，对于方波等其他波形，并不能直接测量出波形的电压有效值，但可以使用波形系数进行代换。

5. 测量直流电压值可用哪几种仪器？哪种最好？

数字万用表/电压表/示波器/其他方法，使用数字万用表测得的数据较为准确且较方便，因此选择数字万用表进行测量

## 6. 测量正弦电压有效值可用哪几种仪器？哪种最好？

晶体管毫伏表/示波器/数字万用表，使用数字万用表的交流电压挡位测得的数据较为准确且较方便，因此选择数字万用表进行测量

## 7. 测量交流电压幅度可用哪几种仪器？哪种最好？

示波器/交流电压表，示波器读数较为准确，因此选择示波器

## 8. 如何根据信号选择触发方式？

在大部分情况下，选择自动触发模式，在信号源输出信号频率低于 25HZ 时，选择手动触发方式

## 9. 示波器输入耦合方式有哪三种？交流耦合适用于什么类信号；直流耦合适用于什么类信号；一个频率为 800Hz 的方波，将时基选择为 0.5mS / DIV 档，一个周期的方波在示波器应显示多少格？

直流耦合，交流耦合，接地（还有低频抑制和 TV），交流耦合适用于需要去除直流部分的信号时采用；直流耦合适用于保留大部分信号时使用；2.5 格

## 10. 信号发生器占空比旋钮逆时针转到底时，占空比是多少？

取决于不同的波形以及不同的频率。以方波为例，当频率小于 3MHz 时，占空比最小为 20%，当频率大于 3MHz 且小于 4MHz 时，占空比最小为 40%，当频率大于 4Hz 时，占空比最小为 50%

## 11. 交流毫伏表能测直流电压吗？

不能测量

## 12. 当数字式万用表显示器仅显示‘1’或‘-1’时，表明\_\_\_\_ 状况，应该如何操作？

一般数字万用表显示“1”或“-1”时，一般认为超出量程；应当调整测量挡位

13. 一电阻其色环为红黑黄金，其阻值是多少？误差多少？若要求阻值为 82K $\Omega$ ，误差 5%，则四色环从左至右依次是\_\_\_\_ 什么？

200K $\Omega$ ；5% 误差；灰红橙金

## 14. 电解电容在使用过程中要注意什么

正负极方向；额定电流

## 15. 实验（3）频率轴测量点如何确定？线性分配或对数分配？

由于频率跨度较大，同时根据容抗阻抗公式计算，我们发现选择对数分配更加合适

## 16. 如何理论分析或仿真分析频幅特性？分析元件的频幅特性，应该有以下几种方法：

- 根据容抗，阻抗，以及感抗公  $\circ R_r = R, R_c = \frac{1}{\omega C}, R_l = \omega L$ ，计算不同电路元件分压与输出信号频率之间的关系
- 通过示波器进行测量并绘制图像，直接得出各个电路元件之间的频幅特性曲线
- 采用 multism 等软件进行模拟，从而了解其频幅特性曲线