



中国科学技术大学

# 实验报告

学院：物理学院

姓名：黄阅迅，李秋阳

学号：PB18020631, PB18020567

日期：2020 年 10 月 13 日

课程名称：电子线路实验 (1)

实验题目：常用电子仪器的使用

## 1 实验目的

本次实验的实验目的为：

- 对示波器、稳压电源、函数信号发生器、万用表等仪器的使用方法有基本了解，为今后的实验打下基础。
- 利用示波器观察信号波形，测量振幅和周期（频率）。
- 学会对有源单口网络等效内阻的测量。

## 2 实验原理

### 2.1 示波器（OSCILLOSCOPE）

示波器是一种用途广泛的电子仪器，可以通过扫描信号显示电信号的波形，同时进行各种测量。示波器是电子测量中必备的仪器，本次实验中使用的示波器为 DSO-X 2014A 型。熟练掌握示波器有三个原则：

- 每调节一个开关或旋钮都有明确的目的。
- 调节顺序正确没有无效动作。
- 快速。

而使用示波器使用有三个难点：

- Y 轴输入耦合开关的正确选择。
- 触发源的正确选择。
- X—Y 方式，公共地的正确选择。

通过示波器上的测量标尺可以测量出输入波形的各种参数。同时示波器的可以选择 AC/DC 档测量直流/交流信号。使用示波器的校准信号可以产生标准方波信号。

### 2.2 函数信号发生器（FUNCTION GENERATOR）

函数信号发生器可以用于产生并提供多种交流输出波形，如正弦波、三角波、锯齿波、矩形波、方波等。可以为被测电路提供测试信号，也可以作为标准源对一般信号进行校准

或者对比。其电压输出可以通过电压输出幅度旋钮调节；频率输出可以通过频率调节旋钮和频率选择键配合使用。本次实验使用的是 SDG5112 型函数发生器。它在测试、测量系统中得到广泛应用，如用来测量仪器的性能参数、分析线性系统等。

函数信号发生器从输出端往里看可以等效为一个电压源  $U_{oc}$  与内阻  $R_s$  串联组成的电源，如图 1 所示。则通过外加一个负载  $R_L$  并测量其上的电压  $U_L$ ，可以通过式 (1) 计算出其内阻。

$$R_s = \left( \frac{U_{oc}}{U_L} - 1 \right) R_L \quad (1)$$

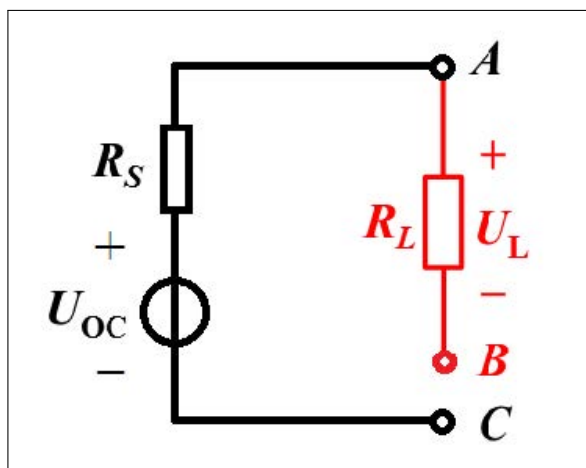


图 1: 函数信号发生器等效图

## 2.3 直流稳压电源（DC REGULATED POWER SUPPLY）

直流稳压电源能够为的电子设备提供持续、稳定、满足负载要求的直流电能。本次实验使用的直流稳压电源为 GPD3303 型，能够在 0~30V 范围内连续可调，同时具有自动过载保护和短路保护功能。

## 2.4 数字万用表（DIGITAL MULTIMETER）

数字万用表可以用来测量直流和交流电压以及电流、电阻、电容、二极管正向电压等，具有 LCD 显示器，最大显示值为“19999”，过量程显示“OPEN”。本次实验使用的是 34450A 型数字毫伏表。其注意事项如下：

- 测量电阻时，被测量电阻不能带电。
- 测量电容时，要先放电，然后进行测量。
- 用数字万用表测正弦交流电压时，频率范围是 40~10kHz。

### 3 实验内容与步骤

#### 3.1 实验内容

由直流稳压电源或函数信号发生器产生信号，并用万用表、示波器等仪器测量电压波形等物理量，从而锻炼使用直流稳压电源、函数信号发生器、万用表、示波器等基础仪器的能力，并熟悉连线操作。

#### 3.2 实验步骤

##### 3.2.1 实验 1：直流电压的测量

调整直流稳压电源的输出电压分别为 5 V，15 V，25 V，将输出线分别连接在万用表和示波器两端，测量电压值。其中对于示波器采用手动定标方法 ([Cursors] 按钮) 进行测量。

##### 3.2.2 实验 2：方波信号测量

示波器本身带有一个不可调的校准方波信号。将该信号接在示波器上，用手动定标方法，变换 AC 和 DC 档，测量方波信号的峰-峰值和频率。

##### 3.2.3 实验 3：交流电压的测量

设定函数信号发生器为正弦波信号输出，保持电压值不变，变换频率分别为 100Hz，1kHz，600kHz，分别万用表和示波器 ([Meas] 按钮自动测量) 测量有效值，并加以比较。

##### 3.2.4 实验 4：函数信号发生器等效内阻的测量

由 Thevenin 定理，从外部可以将函数信号发生器视为一个理想电压源和一个电阻的串联。为了测量内阻，并使得方法尽量简单，选择一个 100 $\Omega$ (标称值，实际值用万用表电阻档测量) 的电阻作为负载，测量负载两端的电压，就可以计算出内阻。

### 4 实验数据处理与分析

#### 4.1 实验 1 数据

稳压源表头指示	5V	15V	25V
万用表读数	5.0001V	14.997V	24.994V
示波器读数	4.90000V	14.8125V	24.8125V

#### 4.2 分析 1

万用表比示波器手动定标精确度高。因为示波器上的波形图线有一定宽度，所以定标时难以准确确定峰值在何处。

### 4.3 实验 2 数据

DC:

校准信号	标称值	测量值
幅度 $U_p$	2.5V	2.40000V; -75.00mV
频率 $f$	1000Hz	$\Delta x=1.004\text{ms}$ ; $\frac{1}{\Delta x} = 996.02\text{Hz}$

AC:

校准信号	标称值	测量值
幅度 $U_p$	2.5V	1.20000V; -1.30000V
频率 $f$	1000Hz	$\Delta x=1.000\text{ms}$ ; $\frac{1}{\Delta x} = 1.0000\text{kHz}$

### 4.4 分析 2

在 DC 档，示波器自动滤掉了直流成分，所以低电平在 0 左右；而 AC 档则没有这个处理，所以高低电平大致关于 0 电平对称。

### 4.5 实验 3 数据

正弦波频率	示波器 $U_{P-P}$	示波器读测有效值 (V)	万用表 $ACV(V)$
100Hz	3.0V	1.056	1.059
1kHz	3.0V	1.057	1.059
600kHz	3.0V	1.054	0.508

### 4.6 分析 3

万用表的测量带宽比示波器小。在  $f = 600\text{kHz}$  时，示波器的测量结果仍然比较准确，但是万用表的测量结果明显偏小。分析其原因，应该是万用表内部的电容还不够小，所以在电路频率特别高时，电路弛豫相关的时间常数  $\tau = RC$  比较大，电压值还没达到最大值时源信号就已经变换方向了，所以最终测量结果偏小。

### 4.7 实验 4 数据

负载电阻  $R_L=101.6\Omega$ , 负载电压  $U_L=699\text{mV}$ , 实际电源电压  $U_{OC}=1.056\text{V}$ ;  
电源等效内阻  $R_S=\left(\frac{U_{OC}}{U_L} - 1\right) R_L=51.9\Omega$ .

### 4.8 分析 4

为了使得测量结果比较精确，应该使得负载电阻和电源内阻大致相等，所以使用  $100\Omega$  的电阻可以满足这一要求。测量出来电源内阻仅有约  $50\Omega$ ，是很小的，这对于电压源是很有利的，可以尽可能的提高电压源的带负载能力。

## 5 实验总结

在本次实验中，我们通过一些基本的物理量，了解了直流稳压电源、函数信号发生器、万用表和示波器的基本使用方法。同时我们也发现，任何仪器都有其适用范围，可以提前查询指南或者进行测试得知。在适用范围之外仪器的误差将变得很大，对测量的结果造成极大影响。

## 6 实验思考题

### 6.1 问题一

总结各种仪器的使用方法以及注意事项。

#### 6.1.1 直流稳压电源

基本使用方法如下：

- 1) 正确连线后打开电源。输出电压的范围为 0~30V，输出电流为 0~3A。
- 2) 选择工作模式和输出端，操作模式有独立/串联/并联三种。输出端有 CH1/2/3。
- 3) Voltage 旋钮可以调节电压大小，Current 旋钮可以调节电流大小，按下均可细调。
- 4) 调节完成后，按下 output 旋钮进行输出。
- 5) 当电流值小于输出设定值时，其工作在恒压源模式，CV 亮绿灯。当电流达到输出设定值时，其工作在恒流模式，CC 亮绿灯。
- 6) 通过跟踪开关可以选择电源的跟踪模式为串联或者并联，其可完成自动连线，可用于需要增强输出电压或者增强输出电流由或是需要两个电源电压/电流相等下工作的情形。

注意事项如下：

- 1) 预先设置合适的电压和电源值；
- 2) "+"、"-" 端口输出线不能短路；
- 3) 与被测电路连接时，"+"、"-" 输出线不能接错；
- 4) 与被测电路连接时，一般先接与地线相连的端口。

#### 6.1.2 函数信号发生器

基本使用方法如下：

- 1) 正确连线后打开电源。交流信号源可以用于产生多种交流输出波形，为被测电路提供信号。
- 2) 选择合适的工作功能和输出端，选择需要的波形并调节参数，其输出频率范围不同波形不一致，一般为 1μHz~40MHz，对正弦波可达 160MHz。
- 3) 按下 [Wave-forms] 键即可调节波形，按下 [parameter] 键可以调节参数，参数可以通过大旋钮调节，也可以按下数字并选择单位进行调节。

4) 输出负载可以选择高负载或者  $50\Omega$ ，按下 [CH1/CH2] 键，即可选择负载模式，一般采用高负载。

5) 确定参数后，即可输出。

注意事项如下：

- 1) 输出线的两个夹子不能短路；
- 2) 不能直接接到带有较高电流电压的两点之间；
- 3) 与被测电路连接时，红夹子接信号源，黑夹子接地。

### 6.1.3 示波器

基本使用方法如下：

1) 正确连线后打开电源，选择需要的工作通道和模式。该款示波器的带宽是 100MHz。不具有特殊部件下，输入模拟信号最大允许电压为  $300 V_{rms}$ ,  $400 V_{pk}$ , 瞬间过电压  $1.6kV_{pk}$ 。

2) 首先调节波形稳定，首先粗调水平扫描速率至能比较好地看到波形，然后调节 [Trigger] 选择合适的源，可调节 [Trigger] 至稳定为止。

3) 选择合适的耦合，按下通道后菜单即可选择，希望观测 AC 分量时选择 AC 耦合，希望观察 DC 分量时选择 DC 耦合。

4) 选择正确的时间模式。“正常时间模式”显示的是一维的  $X(t)$  图形，X 为信号。“X-Y”模式时显示的是 XY 空间的相图，意即两个信号分别作为 X 或 Y 分量。

5) 调节水平扫描速率旋钮可以调整显示波形的周期数。

6) 调节垂直灵敏度旋钮可以改变显示波形的高度，调节位移旋钮可以调整波形垂直位置。

7) 进行测量时，按下 [Cursors] 按钮可以选择与移动光标进行测量。按下 [Meas] 可以自动测量和添加测量量。进行手动测量可以测量得到自动测量中没有预设的测量量，同时也可以认为减少噪声的干扰，进行更精确的测量。

注意事项如下：

- 1) 显示亮度应该合适，不能长时间固定亮点；
- 2) 被测电压幅值不应该超过示波器最大允许输入电压；
- 3) 被测电压频率不应超过其带宽值；
- 4) 与被测电路连接时，探针接信号端，黑夹子接地；
- 5) 读测波形参数时，波形高度应该超过屏幕高度的一半。

### 6.1.4 数字万用表

基本使用方法如下：

- 1) 正确连线，打开电源。
- 2) 选择合适的工作模式，即选择需要测量的量。

3) 调整合适的测量速度，量程由万用表自动选择。

注意事项如下：

- 1) 测量电阻时，被测电阻不能带电；
- 2) 测量电容时，先放电后测量；
- 3) 被测电压值不能超过端口允许值 (直流 1000VDC, 交流 750Vrms)；
- 4) 被测交流电压频率不应超过其带宽值 (技术文档上写为 100kHz, 但实际 10kHz 已不准)；
- 5) 测试前，选择正确的端口接入测试引线，选择正确的功能键，选择合适的分辨率/速度；
- 6) 表笔接在“mA”或“A”端口时，不能测电压（烧保险丝）。

## 6.2 问题二

写出所有你能想到的函数信号发生器内阻的测量方法，并详细说明设计思路。

### 6.2.1 方法一

通过接一负载，在已知  $U_{oc}$  下可以一次测量得到电压，如前实验原理所说。若不知道  $U_{oc}$ ，则可以通过连接如图 2 所示的电路，测量出不同的 U-I 值，画出 U-I 曲线图。根据式 2，通过拟合出斜率与截距，即可测量出内阻

$$U_l = U_{oc} - R_s I_l \quad (2)$$

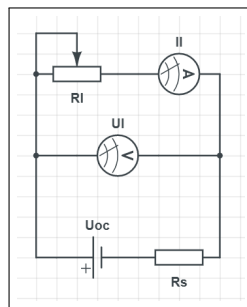


图 2: U-I 法函数信号发生器内阻测量图

### 6.3 方法二

通过电阻箱与电压表测量，如图 3 所示。调节电阻箱的值为  $R_{l1}$  与  $R_{l2}$  分别测量。根据公式 1，得到两组式子，联立消去  $U_{oc}$  即可解出  $R_s$  的值。

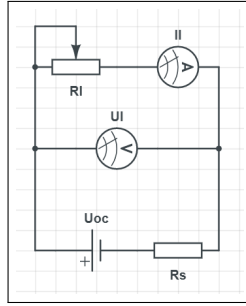


图 3: 电阻箱电压表函数信号发生器内阻测量图

#### 6.4 方法三

通过电阻箱与电流表测量，如图 4所示。调节电阻箱的值为  $R_{l1}$  与  $R_{l2}$  分别测量。根据公式 3，得到两组式子，联立消去  $U_{oc}$  即可解出  $R_s$  的值。

$$I(R_s + R_l) = U_{oc} \quad (3)$$

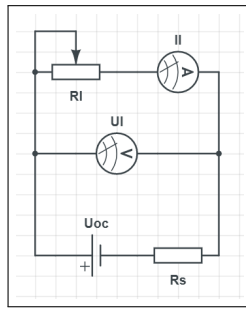


图 4: 电阻箱电流表法函数信号发生器内阻测量图