

实验一 常用电子仪器的使用

19 组 朱云沁 PB20061372 赵明宇 PB19061383

实验题目：

常用电子仪器的使用

实验目的：

掌握直流稳压电源、函数信号发生器、交流毫伏表、示波器、数字万用表等常用电子仪器的功能、应用场合以及使用方法，总结使用过程中的应当注意的事项。

实验器材：

GPD3303D 直流稳压电源、TFG6010 函数信号发生器、SM2030A 交流毫伏表、DSOX2014A 示波器、34450A 数字万用表、电阻(100Ω)、导线若干。

实验原理：

1) 直流稳压电源

GPD3303D 直流稳压电源有三组独立输出。其中，CH1、CH2 通过旋钮调节输出值并可微调，电压范围 0~30V，电流范围 0~3A。当输出电流小于设定值时，工作在恒压源模式；当输出电流达到设定值时，工作在恒流源模式。CH1、CH2 可设定为串联或并联。另一通道则可选择固定电压值 2.5V、3.3V、5V。

使用时，应注意预先设置电压、电流值；输出端口不能短路或接错；通常先接与地线相连的端口。

2) 函数信号发生器

TFG6010 函数信号发生器可用作交流信号源，频率范围 40mHz~10MHz，支持双路信号独立或相加输出。通过软键和调节旋钮，A 路可设定为正弦波、方波、脉冲波或直流；B 路可设定为正弦波，方波，三角波，锯齿波，阶梯波等 32 种波形；频率、幅度、衰减等参数可在一定范围内调节数值及单位。

使用时，应注意幅度读数不准确，需要用相应的测量工具测量并记录；输出端口不能短路或接错；不能直接接到带有较高直流电压的两点之间。

TFG6010 函数信号发生器的输出阻抗典型值为 50 Ω。作戴维南等效，如图 1 所示。为测量等效内阻 R_s ，在输出端接负载 R_L ，设开路电压有效值为 U_{oc} ，输出电压有效值为 U_L ，由分压公式得

$$U_L = U_{oc} \frac{R_L}{R_L + R_s}$$

或

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

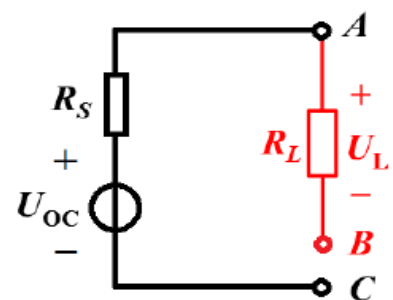


图 1 函数信号发生器等效内阻的测量

固定 R_L ，对每一组 U_{oc} ，用数字万用表测量 U_{oc} 、 U_L ，计算出 R_s ，求平均值，计算与典型值的相对误差。

3) 交流毫伏表

SM2030A 交流毫伏表可测频率范围在 5Hz~3MHz 的交流电压值，支持 CH1、CH2 双通道测量。量程可自动或手动设定为 3mV、30mV、300mV、3V、30V 或 300V。默认显示有效值，可更改为峰峰值、电压电平或功率电平。

4) 示波器

DSOX2014A 示波器支持 4 通道、100MHz 带宽的输入信号的波形显示及测量，最大输入电压 300Vrms、400Vpk。接好信号后，可手动选择输入耦合方式(AC 或 DC，是否带直流成分)、触发信号源(可使波形稳定)、垂直灵敏度(可改变波形所显示高度)、水平扫描速率(可改变波形所显示周期数)等，也可直接自动校准。测量时，可用 Meas 功能实时测量特定参数；对于其他待测量，手动选择、移动光标进行测量。当切换时基模式为 XY 时，还可用于观察李萨如图形。

使用时，应注意读测波形参数时，波形高度应超过屏幕高度的一半；显示亮度要合适，不应长时间显示固定亮点；被测电压峰值、带宽等在允许范围内；探针接信号端，黑夹子接地。

5) 数字万用表

34450A 数字万用表可用于测量直流电压(DCV)、直流电流(DCI)、交流电压(ACV)、交流电流(ACI)、电阻(Ω)、频率(FREQ)、导通(Cont)、温度(Temp)，此外，还可用于二极管测试、电容测量。可选 S、M、F 三种测量速度，所测结果的有效数字位数受此影响。

使用时，应使被测电阻不带电；被测电容已放电；被测电压不超过端口允许值；被测频率不超过带宽；mA 或 A 端口不测电压，以免烧保险丝。

实验内容：

1) 直流电压的测量

用示波器和万用表的直流电压档（DCV），测量直流稳压电源输出分别为 5V，15V，25V 时的读数，测量结果如表 1 所示。

• 实验数据

稳压表表头指示/V	5.000	10.000	15.001
万用表读数/V	4.9992	9.9987	14.995
示波器读数/V	5.0	9.9	15.0

表 1：直流电压的测量

• 数据分析

由表 1 数据可见，万用表、示波器测得 5V、15V、25V 直流电压数值与设定输出值吻合较好；万用表精度较高，而示波器精度较低；万用表读数略有偏低，可能为导线电阻分压所致。

结论：使用万用表测量该范围内直流电压，可以满足多数实验精度要求；示波器仅可用于粗测电压。

2) CAL 方波信号的测量

用 CH1（或 CH2）观测示波器本身的校准信号（CAL），用 DC 和 AC 输入耦合方式，分别画出波形图，在图上标出 U_{p+} 、 U_{p-} 和周期 T ，测量结果如表 2 所示。

• 实验数据

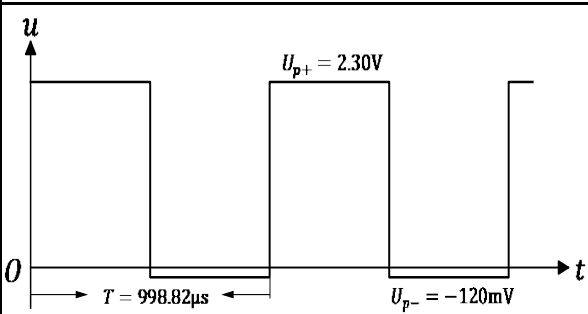
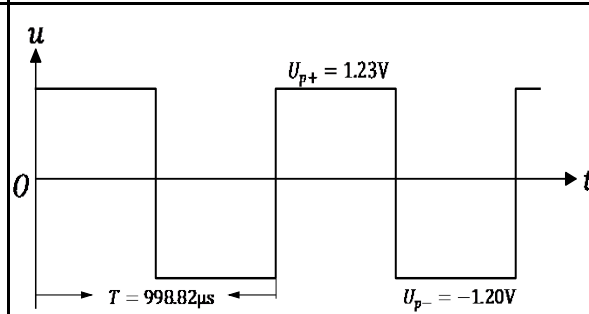
耦合方式	DC	AC
波形		
幅度 $U_p - p$	2.51V	2.53V
频率 f	1.0012kHz	1.0012kHz

表 2：CAL 方波信号的测量

• 数据分析

由表 2 数据可见，在两种耦合方式下，测得 CAL 方波信号周期、频率相等，幅度近似相等，波形形状相同；在 DC 耦合方式下，示波器所显示的 CAL 方波电压信号平均值 $\bar{U} > 0$ ，说明该信号既有交流成分，也有直流成分；在 AC 耦合方式下，示波器所显示的 CAL 方波电压信号平均值 \bar{U} 接近于 0，高值 U_{p+} 与 低值 U_{p-} 近似相等，可以认为，该信号的直流成分被阻隔，仅有交流成分被示波器显示。

结论：示波器耦合方式 DC 与 AC 的区别，主要在于是否输入待测信号的直流成分。

3) 交流电压的测量

函数信号发生器选定为正弦波输出，输出电压为 $U_{p-p} = 3V$ ，用示波器和数字万用表分别测量频率为 100Hz、1kHz、600kHz（频率直接由函数信号发生器读出），测量结果如表 3 所示。

• 实验数据

正弦波频率	信号源读数	示波器读测 U_{p-p}/V	毫伏表读测有效值 U_{rms}/V	万用表ACV/V
100.00Hz	3.000Vpp	3.10	1.068	1.06455
1000.00Hz	3.000Vpp	3.10	1.073	1.06485
600000.00Hz	3.000Vpp	3.08	1.065	0.51575

表 3：交流电压的测量

• 数据分析

由表 3 数据可见，正弦波频率、信号源读数一定时，示波器测得电压小数点后有效数字位数最少，毫伏表次之，万用表最多；示波器测得电压峰峰值 $U_{p-p} > 3.000V$ ，毫伏表测得电压有效值 $U_{rms} > 1.06066V = \frac{3}{2\sqrt{2}}V$ ，推测出信号源读数偏低；当频率变化时，输出电压存在一定波动；当频率达到约 600kHz 时，万用表测得电压有效值误差极大，证明待测电压的频率已经超出其带宽。

结论：函数信号发生器幅度读数不准确，需要用测量工具测量并记录；示波器可用于粗侧交流电压；交流毫伏表可精确测量低频、高频电压；万用表测交流电压时有效数字最多，但带宽较窄，不适用于高频情况。

4) 函数信号发生器等效内阻的测量

连接图 1 所示电路，用万用表测量 R_L ，选定 5 组 U_{oc} ，分别用万用表测量 U_{oc} 、 U_L ，如表 4 所示。

• 实验数据

U_{oc}/V	U_L/V	R_L	R_s
1.06865	0.67555	0.10195kΩ	59.3243Ω
1.7715	1.12161		59.0725Ω
2.8261	1.7919		58.8407Ω
3.5293	2.2218		59.9962Ω
4.5833	2.8848		60.0257Ω

表 4：函数信号发生器等效内阻的测量（输入信号频率 $f = 100.00Hz$ ，所测电压均为有效值）

• 数据处理

由表 4 数据及公式 $R_s = (\frac{U_{oc}}{U_L} - 1)R_L$ ，计算得各组 R_s ，如表 4 所示。

函数信号发生器等效内阻的平均值为

$$\overline{R_s} = \frac{59.3243 + 59.0725 + 58.8407 + 59.9962 + 60.0257}{5} \Omega = 59.4519\Omega$$

故函数信号发生器等效内阻的测量结果为

$$R_s = 59.452\Omega$$

与典型值 $R_s = 50\Omega$ 的相对误差为

$$\frac{\Delta R_s}{R_s} = \frac{|\overline{R_s} - R_s|}{R_s} \times 100\% = \frac{59.4519 - 50}{50} \times 100\% = 18.9\%$$

• 误差分析

实验测得函数信号发生器等效内阻与输出电阻典型值相比,存在较大误差,并明显偏大。造成系统误差的原因可能有:连接函数信号发生器与负载的导线老化或接触不良,存在较大电阻;测量负载时,所用引线老化或接触不良,导致测得 R_L 偏大。

思考题:

1) 总结各种仪器使用方法及注意事项。

a. 直流稳压电源

• 使用方法

GPD3303D 直流稳压电源有三组独立输出(CH1、CH2、FIXED)。其中,CH1、CH2 可在 0~30V, 0~3A 范围内,通过转动旋钮调节输出值,按下旋钮则可切换为微调。另一通道 FIXED 仅可选择固定电压值 2.5V、3.3V 或 5V。

对于 CH1、CH2,当输出电流小于设定值时,通道工作在恒压源模式;当输出电流达到设定值时,通道工作在恒流源模式。通过相应控制键,还可将 CH1、CH2 设定为独立、串联或并联。

此外,该型号直流稳压电源具备记忆存取功能以及输出保护功能。

• 注意事项

开启电源后,应先预热;

根据所需工作状态,预先设置好电压、电流值,再按下输出控制按键 OUTPUT;

输出端口不能短路或接错;

通常先接与地线相连的端口。

b. 函数信号发生器

• 使用方法

TFG6010 函数信号发生器可用作各类波形的交流信号源,其中正弦波频率范围 40mHz~10MHz,幅度范围 2mVpp~20Vpp。支持 A、B 双路信号独立或相加输出。

通过软键和调节旋钮,A 路可设定为正弦波、方波、脉冲波或直流;B 路可设定为正弦波,方波,三角波,锯齿波,阶梯波等 32 种波形;频率、幅度、衰减等参数可在一定范围内调节数值及单位。

• 注意事项

开启电源后,应先预热;

设定的电压幅度读数不准确,需要用数字万用表、交流毫伏表(高频情况下)等仪器测量准确值并记录;

输出端口不能短路或接错,红夹子接信号端,黑夹子接地;

不能直接接到带有较高直流电压的两点之间。

c. 示波器

• 使用方法

DSOX2014A 示波器支持 4 通道、100MHz 带宽的输入信号的波形显示及测量,最大输入电压 300Vrms、400Vpk。

连接好输入信号后,针对每个通道,可手动选择输入耦合方式(AC 或 DC,即是否带直流成分)、触发源(可使波形稳定:两个信号频率相等或成整数倍时,选择 1 或 2;两个信号频率既不相等也不成整数倍时,选择哪者稳定哪者)、垂直灵敏度(可改变波形所显示高度)、水平扫描速率(可改变波形所显示周期数)等,也可直接按下 Auto Scale 自动校准。

测量时,可用 Meas 功能实时测量幅值、周期、频率、相位差、脉宽、上升沿、下降沿等特定参数;对于其他待测量,也可手动选择、移动光标进行测量。

时基模式默认为标准模式；当切换时基模式为 XY 时，还可用于观察两通道信号形成的李萨如图形。

• 注意事项

开启电源后，应先预热；

读测波形参数时，波形高度应超过屏幕高度的一半；

显示亮度要合适，不应长时间显示固定亮点；

被测电压峰值、带宽等在允许范围内；

探针接信号端，黑夹子接地。

d. 交流毫伏表

• 使用方法

SM2030A 交流毫伏表可测频率范围在 5Hz~3MHz 的交流电压值，支持 CH1、CH2 双通道测量。

量程可自动或手动设定为 3mV、30mV、300mV、3V、30V 或 300V。

默认显示有效值，可更改为峰峰值(Vp-p)、电压电平(dBV)或功率电平(dBm)。

• 注意事项

开启电源后，应先预热；

待测电压频率应在带宽范围内；

待测电压峰值应在量程范围内；

e. 数字万用表

• 使用方法

34450A 数字万用表可用于测量直流电压(DCV)、直流电流(DCI)、交流电压(ACV)、交流电流(ACI)、电阻(Ω)、频率(FREQ)、导通(Cont)、温度(Temp)，此外，还可用于二极管测试、电容测量。

可选 S、M、F 三种测量速度，所测结果的有效数字位数受此影响。

对于多功能按键，按下 Shift 切换模式。

• 注意事项

开启电源后，应先预热；

被测电阻测量时不带电；

被测电容先放电，再测量；

被测电压不超过端口允许值；

被测频率不超过带宽；

mA 或 A 端口不测电压，以免烧保险丝。

2) 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

a. 测量函数信号发生器开路电压 U_{OC} ；在函数信号发生器输出端接负载 R_L ，测量 R_L 及负载两端电压 U_L 。根据

$$U_L = U_{OC} \frac{R_L}{R_L + R_s}, \text{ 计算得函数信号发生器内阻 } R_s = \left(\frac{U_{OC}}{U_L} - 1 \right) R_L。$$

b. 测量函数信号发生器开路电压 U_{OC} ；在函数信号发生器输出端接负载 R_L ，测量 R_L 及通过负载的电流 I_L 。根据

$$I_L = \frac{U_{OC}}{R_L + R_s}, \text{ 计算得函数信号发生器内阻 } R_s = \frac{U_{OC}}{I_L} - R_L。$$

c. 在函数信号发生器输出端接负载 R_1 ，测量 R_1 及通过负载的电流 I_1 ；改变负载为 R_2 ，测量 R_2 及通过负载的电流

$$I_2。 \text{ 根据 } I_1(R_1 + R_s) = I_2(R_2 + R_s), \text{ 计算得函数信号发生器内阻 } R_s = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}。$$

d. 在函数信号发生器输出端接负载 R_1 ，测量 R_1 及负载两端电压 U_1 ；改变负载为 R_2 ，测量 R_2 及负载两端电压 U_2 。

$$\text{根据 } U_1 \frac{R_1 + R_s}{R_1} = U_2 \frac{R_2 + R_s}{R_2}, \text{ 计算得函数信号发生器内阻 } R_s = \frac{\frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{R_2}}{\frac{U_2}{R_2} - \frac{U_1}{R_1}}。$$