

# 数字示波器、信号发生器的原理及应用 实验报告(上)

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

座位号: \_\_\_\_\_

指导教师: \_\_\_\_\_

实验日期: 2024年\_\_月\_\_日 星期\_\_第\_\_节

## 预习报告

完整地学习使用某一仪器的最好方法一般是对照着用户手册，按照提示一步一步操作，观察记录实验现象和结果，思考自己所完成的仪器操作的作用。但初次接触像示波器这样的通用仪器，一方面，我们不可能在短时间内学会其所有的操作；另一方面，通用仪器的各种功能之间并不一定有直接的相互关联，我们可以选择其中的部分功能进行学习，其他功能可以留到以后用到时再参考用户手册来学习和实践。实验预习时，学生可以粗读用户手册中与实验内容相关的章节（第一章和第二章），知道有关功能/操作大致是哪些步骤、可以得到哪些结果。千万不要尝试去“背诵”用户手册的某个章节甚至整本用户手册。

### 实验目的：

### 预习作业：

1. 示波器是一个什么样的仪器？它有哪些应用？
2. 本实验所用数字示波器的电压显示范围  $V_{pp}$  是\_\_\_\_\_；若待测量信号的  $V_{pp}$  小于此值，则可将信号直接接到数字示波器的信号输入端（通道 1 或通道 2）；若待测量信号的  $V_{pp}$  大于此值，则需用示波器 10:1 衰减探头，且在探头线\_\_\_\_\_开关打开的情况下才能将信号接入示波器。
3. 信号接入示波器之后，如果发现信号幅度纵向只占屏幕的很小部分或上下均超出屏幕显示范围，应调节相应通道的\_\_\_\_\_旋钮；若信号纵向偏离屏幕中心位置，则应调节相应通道的\_\_\_\_\_旋钮。若屏幕上显示的信号周期数太少或太多，则应调节该通道的\_\_\_\_\_旋钮。
4. 若屏幕上显示的信号一直在左右移动，很可能是因为\_\_\_\_\_源/模式选择或\_\_\_\_\_电平设置不当。
5. （本题可在实验过程中完成）电压档位显示在液晶屏的\_\_\_\_\_位置，时基档位显示在液晶屏的\_\_\_\_\_位置，触发源和触发模式选择显示在液晶屏的\_\_\_\_\_位置。
6. （本题可在实验过程中完成）屏幕上，信号电压的零点由显示屏\_\_\_\_\_位置的\_\_\_\_\_符号来指示。信号以直流耦合方式输入时的指示符号是\_\_\_\_\_；信号以交流耦合方式输入时的指示符号是\_\_\_\_\_。

## 实验内容

### 第一部分：认识数字示波器的三个系统 ——垂直系统、水平系统、触发系统

用两端均为 BNC 端口的导线连接函数信号发生器的 CH1（电压输出，默认输出信号为  $V_{pp}=4V$ ,  $f=1000Hz$ , 正弦波）和数字示波器通道 1（CH1），导线连接好后，执行 **AUTO**（自动）测量。

实验开始前请按示波器面板上的 **Storage** → **默认设置**，使示波器恢复出厂设置。

#### 1. 垂直系统：“伏/格”旋钮、“位置”旋钮的功能观测。

① 调节电压档位调节旋钮“伏/格”（VOLTS/DIV），观测并记录电压档位及波形的变化情况。注意示波器电压档位的变化。请回答下列问题：

(1) 顺时针旋转“伏/格”旋钮，一个格子（DIV）表示的电压是变大还是变小，变化间距有规律吗？逆时针呢？“伏/格”旋钮的调节范围是多大？

(2) 将“伏/格”旋钮按一下，再进行上述观测，是否有新的发现？

(3) 当调节“伏/格”旋钮时，信号波峰到波谷在屏幕上所占格子数是否有变化？在调节过程中信号的峰峰值有变化吗？如果有，请描述你所看到的现象，并思考原因。

② 调节垂直系统控制区通道 1 的“位置”旋钮，观测并记录波形变化情况。请回答下列问题：

(1) 当旋转“位置”旋钮时，信号在水平轴上有变化吗？

(2) 当旋转“位置”旋钮时，信号在垂直轴上有变化吗？

- (3) 当调节“位置”旋钮时，信号的峰峰值会变吗？信号的平均值会变吗？
  
- (4) 当调节“位置”旋钮时，屏幕左侧通道标识“1”在屏幕上的位置有变化吗？在波形上的相对位置有变化吗？
  
- (5) 按一下该旋钮，有什么新的发现？

## 2. 水平系统“秒/格”旋钮、“位置”旋钮的功能观测

① 调节时基档位调节旋钮“秒/格”（SEC/DIV），观测并记录时基档位及波形变化情况。注意观测示波器操作面板中位置 11（见实验台上告示牌）所示时基档位的变化。请回答下列问题：


- (1) 当顺时针旋转“秒/格”旋钮时，一个格子（DIV）表示的时间是变大，还是变小？变化间距有规律吗？逆时针呢？“秒/格”旋钮的调节范围是多大？
  
- (2) 当调节“秒/格”旋钮时，信号一个周期在屏幕上所占格子数是否有变化？在调节过程中信号的频率有变化吗？如果有，请描述你所看到的现象，并思考其原因。
  
- (3) 按一下该旋钮，有什么新发现？
  
- (4) 若时间档位和信号频率已知，你能估算出屏幕上信号的周期数吗？

② 调节水平系统控制区的“位置”旋钮，观测并记录波形的变化情况。请回答下列问题：

- (1) 当旋转“位置”旋钮时，信号在水平方向有变化吗？
- (2) 当旋转“位置”旋钮时，信号在垂直方向有变化吗？
- (3) 当调节“位置”旋钮时，信号的周期会变吗？信号的频率会变吗？
- (4) 当调节“位置”旋钮时，屏幕上方水平触发位置标志“T”在波形上的相对位置有变化吗？
- (5) 按一下该旋钮，有什么新发现？

### 3. 触发系统：“触发电平”旋钮的功能观测

① 将信号发生器输出信号频率改为 100Hz，按下示波器【触发菜单】按钮，确认当前的触发设置是：边沿触发、CH1 为触发源、上升沿触发。然后调节“触发电平”旋钮，观测并记录波形的变化情况。请回答下列问题：

- (1) 当旋转“触发电平”旋钮时，信号在水平方向上有变化吗？
- (2) 当旋转“触发电平”旋钮时，信号在垂直方向上有变化吗？
- (3) 示波器屏幕右上角黄色数字  170mV 所示触发电平如何变化？

- (4) 触发电平标志线（橙色虚线）与信号交点的电压值有变化吗？当此虚线与信号无交点时，你看到的波形还是稳定的吗？如果不是，请描述你看到的现象，并思考其原因。将信号换为“方波”，你看到的信号与“正弦”波形有区别吗？
- (5) 按一下该旋钮，有什么新的发现？

## 第二部分：学习数字示波器的常用测量方法

待测信号：示波器自带校正信号（方波、1kHz、 $V_{pp} = 3V$ ）。

将示波器探头上的衰减开关设定到 1X 并将探头与示波器的通道 1 连接。操作时，将探头连接器上的插槽对准通道 1 同轴电缆插接件（BNC）上的凸键，按下后向右旋转以拧紧探头。探头的接地鳄鱼夹与“探头元件”接地端“”相连，探头信号端连接校正信号“”。

① 【自动测量】功能—利用 **Measure** 按钮进行测量。按下 **Measure** 按钮，在菜单中选择【全部测量】→【打开】，示波器屏幕中就会显示自动测量结果，请记录结果。

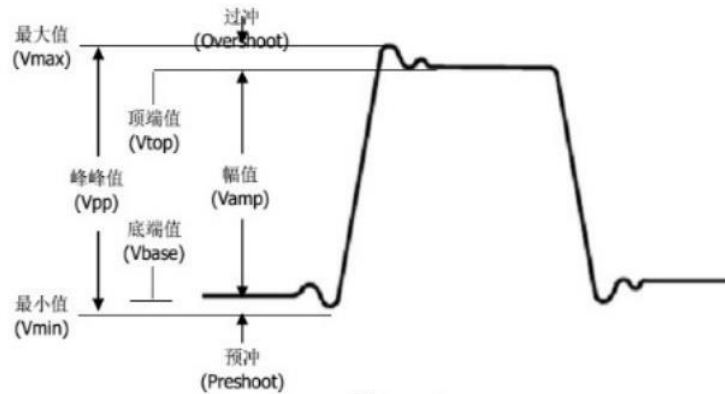


图 1：电压测量时各物理量相应图示

表 1：自动测量显示的电压量

| 信号源   |      |       |
|-------|------|-------|
| 名称    | 测量结果 | 物理意义  |
| Vpp   |      | 峰峰值   |
| Vmax  |      | 最大值   |
| Vmin  |      | 最小值   |
| Vamp  |      | 幅值    |
| Vtop  |      | 顶端值   |
| Vbase |      | 底端值   |
| Vmean |      | 周期平均值 |

|        |  |                 |
|--------|--|-----------------|
| Mean-1 |  | 每周期内的平均值        |
| 电压档位   |  | 垂直轴上每大格所代表的电压大小 |
| 时基档位   |  | 水平轴上每大格所代表的时间长度 |

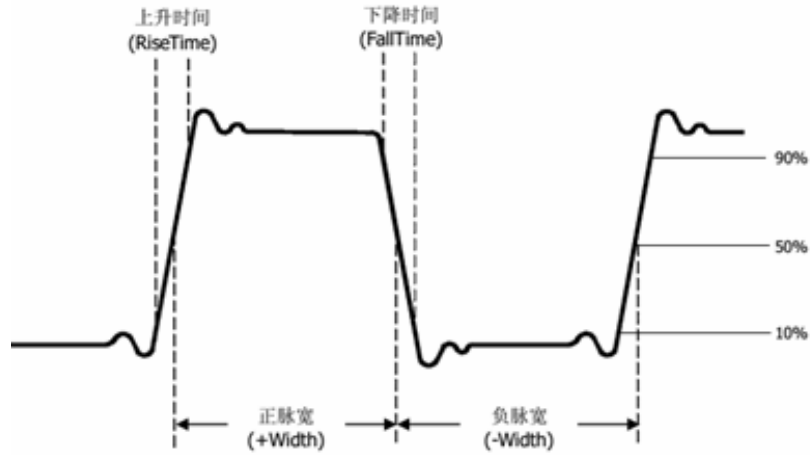


图 2：时间测量时各物理量相应图示

表 2：时间测试显示结果

| 信号源  |      |      |
|------|------|------|
| 名称   | 测量结果 | 物理意义 |
| Prd  |      | 周期   |
| Freq |      | 频率   |
| +Wid |      | 正脉宽  |
| -Wid |      | 负脉宽  |
| Rise |      | 上升时间 |
| Fall |      | 下降时间 |
| +Dut |      | 正占空比 |
| -Dut |      | 负占空比 |



② **屏幕估读-利用屏幕刻度进行测量：**示波器屏幕读数要求：估读到最小分度格的下一位，采用五分之一估读，估读精度为 0.04DIV，读取的格数应为 0.04 的整数倍。调节水平和垂直两个方向的“**SCALE**”和“**POSITION**”旋钮，使得一个周期的信号尽量占满屏幕。示意图见图 3。

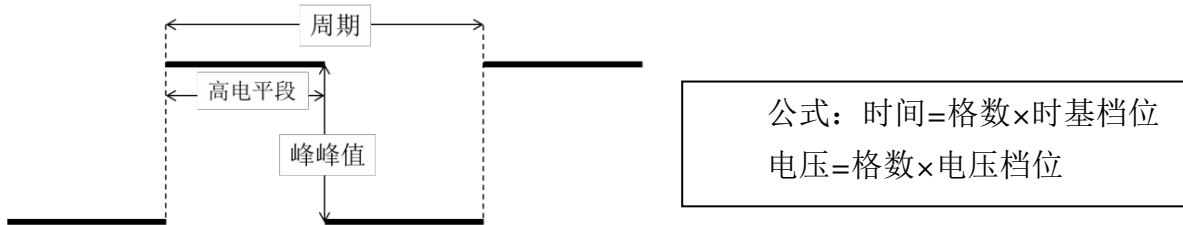


图 3：方波信号

(1) 读取一个高电平段所占时间：

一个高电平段所占格数：\_\_\_\_\_；时基档位秒/格的设置：\_\_\_\_\_；

(请勿遗漏单位)

高电平段所占时间：\_\_\_\_\_。（请勿遗漏单位，下同。）

(2) 读取方波的周期，并计算频率：

一个周期所占格数：\_\_\_\_\_；时基档位秒/格的设置：\_\_\_\_\_；

方波信号的周期：\_\_\_\_\_；信号的频率：\_\_\_\_\_。

(3) 读取信号的峰峰值：

方波信号从低电平到高电平的格数：\_\_\_\_\_；电压档位伏/格的设置：\_\_\_\_\_；

信号电压的峰峰值  $V_{pp}$ ：\_\_\_\_\_。

**注意上述所得结果的有效位数！**

③ **【光标】功能----**利用**【光标】**功能菜单对波形上的采样点进行坐标读取

(1) 按 **Cursor** 按钮，显示光标菜单。

(2) 按下**【光标模式】**选择**【手动】**；

(3) 按下**【信源】**选择待测通道；

(4) 按下**【显示模式】**选择**【Y】**。

(5) 选中**【CursorA】**，旋转**【多功能旋钮】**调节光标 A 至方波波峰所在位置。

(6) 选择**【CursorB】**，旋转**【多功能旋钮】**调节光标 B 至方波波谷所在位置。

(7) A→Y: \_\_\_\_\_， B→Y: \_\_\_\_\_，  $\Delta V$ : \_\_\_\_\_。

- (8) 按下【显示模式】选择【X】。
- (9) 选中【CursorA】，旋转【多功能旋钮】调节光标 A 至方波一个周期的左边界所在位置。
- (10) 选择【CursorB】，旋转【多功能旋钮】调节光标 B 至方波一个周期的右边界所在位置。
- (11) A→X: \_\_\_\_\_, B→X: \_\_\_\_\_,  $\Delta T$ : \_\_\_\_\_,  $1/\Delta T$ : \_\_\_\_\_。
- 
- (12) 信号峰峰值为: \_\_\_\_\_, 信号频率为: \_\_\_\_\_。

### 第三部分：综合练习

#### 1. 李萨如图形观测及相位差测量

用两条 BNC 同轴电缆将函数信号发生器的两个“电压输出”端口分别与示波器的信号输入端“通道 1”和“通道 2”连接起来。信号发生器的两路输出信号分别设为：500Hz、 $V_{pp} = 4V$ 、相位“0°”；500Hz、 $4V(V_{pp})$ 、相位“90°”的两正弦信号。

**注意：**信号发生器的 CH1 和 CH2 的 **Output** 按钮被点亮后，需要再按【同相位】按键才能或者期望的相位差信号。

##### ① 李萨如图形测绘。

首先分别测出两信号的峰峰值和频率填入表，然后再：

- (1) 按下【AUTO】使得信号在屏幕上稳定显示。
- (2) 按 **MENU**(水平调节区域)按钮，在【时基】菜单选择【X-Y】模式，屏幕上显示两信号合成后形成的李萨如图。
- (3) 通过通道 1 的【伏/格 **SCALE**】和垂直【位置 **POSITION**】设置图形的水平刻度和位置。
- (4) 通过通道 2 的【伏/格 **SCALE**】和垂直【位置 **POSITION**】设置图形的垂直刻度和位置。

表 3：李萨如图形观测的数据记录表（注意单位）

| 信源  | 峰峰值 | 频率 | 李萨如图形 |
|-----|-----|----|-------|
| CH1 |     |    |       |
| CH2 |     |    |       |

同学可自行尝试改变两路输出信号参数（频率、峰峰值、相位），记录不同条件下的李萨如图形。

##### ② 相位差测量。

**实验原理：**两个频率相同周期为  $T$  的交流信号相位的差叫做相位差，或者叫做相差。示意图如图 4 所示。实验中通过测量两信号达到同一相位（比如图例的峰值点 A 和 B）的时间差  $\Delta T$ ，即可测得两信号的相位差  $\Delta\theta$ 。

$$\Delta\theta = \frac{\Delta T}{T} \times 360^\circ$$

**实验步骤：**

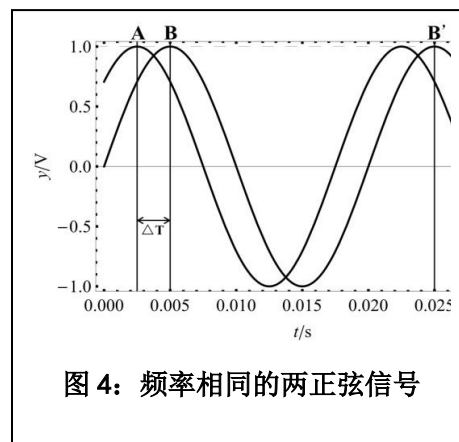


图 4：频率相同的两正弦信号

- (1) 按 **MENU**(水平调节区域)按钮, 在【时基】菜单选择【Y-T】模式。
- (2) 按【光标 **Cursor**】按钮, 显示光标菜单。(参阅上面的具体操作步骤)
- (3) 将光标 A 和光标 B 移动至合适位置, 记录测量结果并计算两路信号相位差。
- (4) A→X: \_\_\_\_\_, B→X: \_\_\_\_\_, B→X': \_\_\_\_\_, T: \_\_\_\_\_, ΔT: \_\_\_\_\_。
- (5) 相位差计算:

## 2. 交直流混合信号测量

① 选用外接信号: 用两端均为 BNC 端口的导线连接函数信号发生器的 CH1 (电压输出) 和数字示波器通道 1。设置函数信号发生器的输出信号为: 1kHz、5V、偏置为 2V 的正弦交流信号。

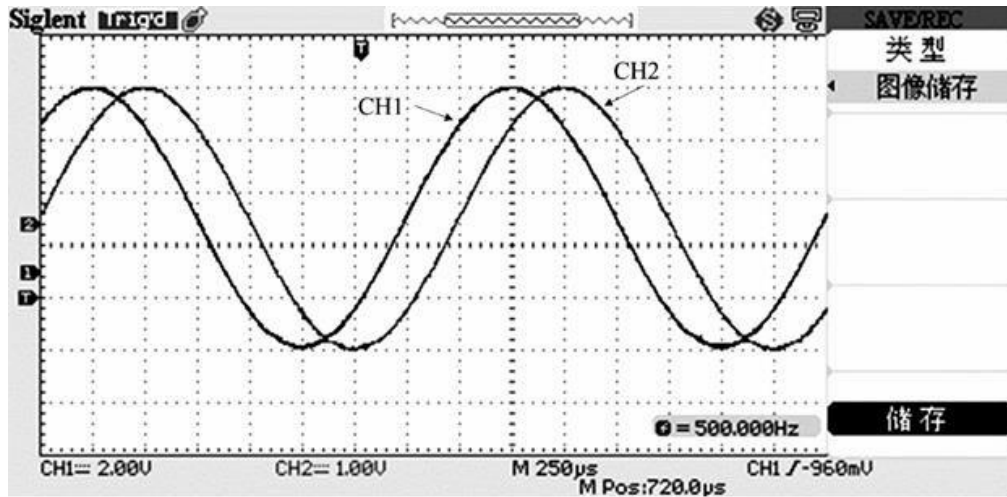
- (1) 按下 AUTO 波形稳定显示在屏幕上。
- (2) 按【CH1】选择【耦合】为【直流】。
- (3) 测量直流耦合状态下信号的“峰峰值”和“平均值”。
- (4) 选择【耦合】为【交流】或【接地】。
- (5) 此时需利用“测量”功能测量相应电压参数。
- (6) 注意耦合标志的变化。将测量结果填入表 4。

表 4: 交直流混合信号测量结果记录表

| 耦合模式    | 峰峰值<br>Vpp | 平均值<br>Mean | 波形示意图; DC、AC 在同一坐标下示意图, 以此比较不同耦合模式下波形的区别 | 观测波形, 分析直流耦合与交流耦合的区别与原因 |
|---------|------------|-------------|--|-------------------------|
| DC (直流) |            |             |  |                         |
| AC (交流) |            |             |  |                         |
| 接地      |            |             |  |                         |

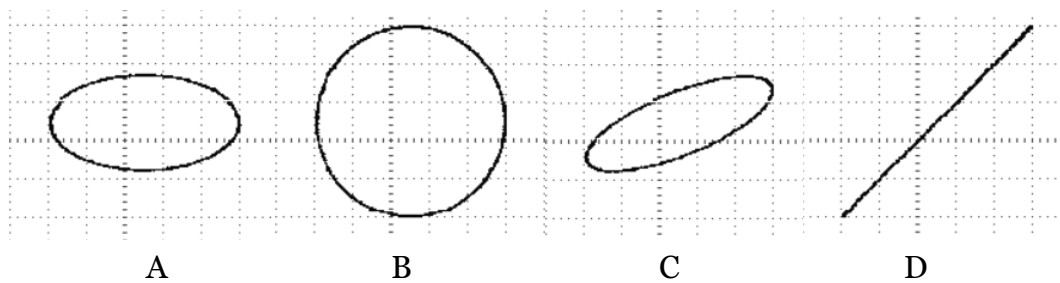
### 第四部分：练一练

通过前三部分的学习，你是否对示波器的使用有了基本的了解，通过下面这个题目练一练吧。



用示波器测量两个待测信号，测量界面如上图所示，则从图中可以看出 CH1 所测信号的耦合方式为：\_\_\_\_\_，V<sub>pp</sub> 为：\_\_\_\_\_，频率为：\_\_\_\_\_；CH2 所测信号的耦合方式为：\_\_\_\_\_，V<sub>pp</sub> 为：\_\_\_\_\_，频率为：\_\_\_\_\_；示波器的触发方式为：\_\_\_\_\_，触发电平大小为：\_\_\_\_\_。

若保持示波器其它参数不变，只改变示波器的显示方式来观察这两路信号形成的李萨如图形，则观察到的图形可能是：\_\_\_\_\_。



## 第五部分：选做内容

### 1. 周围空间电磁信号测量（选做）

同轴电缆一端连接示波器信号输入端通道 1，另一端放置在周围空间中。按【AUTO】得到自动测量结果。请描述你看到的现象，记录示波器参数设置（特别是触发相关的设置）、屏幕显示的测量结果。观察到的信号有什么特点？可能的来源是什么？

### 参考资料：

- (1) 数字示波器 MSO2000A\_DS2000A 系列用户手册，普源精电科技股份有限公司。——群文件
- (2) 信号发生器 DG1000 使用手册，普源精电科技股份有限公司。——群文件