

学号: 12313124

姓名: 奚达洋

日期: 2023.11.18

星期 二

上午  
下午

## 示波器原理与交流信号测量

### 一、实验目的

了解示波器的基本原理和结构,学习使用示波器观察波形和测量信号周期及时间参数等,并通过实验了解整流滤波电路。

### 二、实验仪器

双踪示波器,函数信号发生器,接线板,导线若干。

### 三、实验原理

示波器主要由示波管和复杂的电子线路构成。

#### 1. 偏转电场控制电子束在视屏上的轨迹

偏转电压  $U$  与偏转位移  $Y$  (或  $X$ ) 成正比关系:  $Y \propto U_y$ 。

如果只在竖直偏转板 ( $Y$  轴) 上加一正弦电压,则电子只在竖直方向随电压变化而往复运动。要能够显示波形,必须在水平偏转板 ( $X$  轴) 上加一扫描电压。

示波器显示波形实质:沿  $Y$  轴方向的简谐运动与沿  $X$  轴方向的匀速运动合成的一种合运动。显示稳定波形的条件:扫描电压周期应为被测信号周期的整数倍,即  $T_x = nT_y$  ( $n=1,2,3,\dots$ )。

#### 2. 同步扫描 (其目的是保证扫描周期是信号周期的整数倍)

若没有“扫描”(横向的扫描电压),被测信号随时间规律变化规律就显示不出来;如果没有“整步”,就得不到稳定的波形图。

为了达到“整步”目的,示波器采用三种方式:“内整步”:将待测信号一部分加到扫描发生器,当待测信号频率  $f_y$  有微小变化,它将迫使扫描频率  $f_x$  跟踪其变化,保证波形的完整稳定;“外整步”:从外部电路中取出信号加到扫描发生器,迫使扫描频率  $f_x$  变化,保持波形的完整稳定;“电源整步”:整步信号从电源变压器获得。一般在观察信号时,都采用“内整步”(或称为“内触发”)。

#### 3. 李萨如图形

形成实质:沿  $Y$  轴方向的简谐运动与沿  $X$  轴方向的简谐振动合成的一种合运动。

$$x = 20 \sin(2\pi f_x t + \varphi_1)$$

$$y = 20 \sin(2\pi f_y t + \varphi_2)$$

(1)





# 物理实验报告纸



SUSTech

明德求是  
日新自强

学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_ 星期: \_\_\_\_\_ ☐ 上午 ☐ 下午

利用李萨如图形测定未知信号的频率

公式:  $n_y:n_x = f_x:f_y$  式中的  $n_x, n_y$  分别为李萨如图形在水平切线上的切点数和在垂直切线上的切点数。

4. 测正弦波的峰-峰值  $V_{pp}$ 、周期  $T$

用示波器观察正弦波波形, 若该信号输入通道的标度因子为  $V_0$ , 单位为伏/厘米 ( $V/cm$ ), 被测正弦波的正、负峰之间的距离在荧光屏上所占的高度为  $H$  厘米, 则

$$V_{pp} = V_0 \cdot H \quad (2)$$

若正弦波此时的时间扫描轴的单位是  $t/cm$ , 一个周期的正弦波形在荧光屏上横轴所占长度为  $L$  cm, 则

$$T = t \cdot L \quad (3)$$

## 四. 实验内容

1. 用示波器测量信号的周期和幅度

① 测量示波器自带方波信号的周期和幅度, 并选择不同的时基与理论值 ( $1ms$ ) 比较, 填入表中。

② 选择信号发生器的对称方波接  $Y$  输入, 频率为  $2000Hz$ , 幅度分别为  $0.5V_{pp}$ ,  $1V_{pp}$ ,  $1.5V_{pp}$ ,  $2V_{pp}$ ,  $2.5V_{pp}$ ,  $3V_{pp}$ ,  $3.5V_{pp}$ , 选择示波器合适的灵敏度, 测量信号的幅度。以信号发生器的幅度为  $x$  轴, 示波器所测幅度为  $y$  轴, 作图并拟合。

③ 选择信号发生器的正弦波接  $Y$  轴输入, 幅值为  $5V_{pp}$ , 频率分别为  $200$ 、 $500$ 、 $1k$ 、 $2k$ 、 $5k$ 、 $10k$ 、 $20kHz$ , 选择示波器合适的时基, 测量信号的周期, 并换算成频率。以信号发生器的频率为  $x$  轴, 示波器所测频率为  $y$  轴, 作图并拟合。

2. 观察李萨如图形并测频率

用信号发生器两个通道分别接  $x$  轴和  $y$  轴。当两个信号的频率满足一定关系时, 荧光屏上会显示出李萨如图形。要求取  $f_x = 1200Hz$ , 调节  $f_y$  和相位使得示波器上出现 讲义 中 12 种不同的李萨如图形, 记录相应的  $f_y$ 、相位和图形, 验证上述关系式。

## 五. 数据记录

见原始数据记录表, 李萨如图形见附图 1。



扫描全能王 创建

# 物理实验报告纸



SUSTech

明德求是  
日新自强

学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_ 星期: \_\_\_\_\_ ☐ 上午 ☐ 下午

## 六、数据处理

1. (2) 见附图 2. (3) 见附图 3.

## 七、误差分析

1. 示波器、信号发生器存在精度限制。
2. 信号中可能存在噪声, 产生随机误差。
3. 波形存在一定宽度, 造成读数误差。
4. 桌面震动造成影响。

## 八、实验结论

本实验利用示波器测量了内置校准信号, 信号发生器输出的正弦波的幅度及正弦波的周期和频率, 绘制了校准曲线, 验证了李萨如图形。

## 九、思考题

1. 1V 峰峰值的正弦波, 它的有效值是多少?

$$V_{\text{RMS}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \sin^2 \frac{2\pi}{T} t dt = \frac{1}{2} \Rightarrow V_{\text{RMS}} = \frac{\sqrt{2}}{2} V$$

2. 示波器稳定显示周期信号的条件?

水平扫描电压周期与 Y 轴输入信号周期相位差恒定, 或者是对基保持同步。



扫描全能王 创建



# 物理实验报告纸



SUSTech

明德求是  
日新自强

学号: 1213124 姓名: 余世泽 日期: 2023.11.28 星期 二 ☒ 上午 ☐ 下午

表1 测量示波器自带方波信号

理论周期 (ms)		1	
理论频率 (Hz)		1k	
选择时基 (ms/div)	0.1	0.2	0.5
每周期所占格数 (div)	10.4	5.2	2.0
测量周期 (ms)	1.04	<del>10.4</del> 1.04	1.00
测量频率 (Hz)	962	962	1000

理论上, 周期一定时, 时基越小, 波形越长, 在屏幕上的图形也越长, 测出的数据更加精确。而实际测量时, 可能由于仪器精度不够、读数误差等原因, 反而使得 0.5 ms/div 的时基更“精确”。

表2 测量信号发生器的对称方波

输入幅度 (V <sub>pp</sub> )	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
屏幕一格所代表 幅度 (V/div)	0.1	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
波形y方向所 占格数 (div)	5.0	5.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
测量幅度 (V <sub>pp</sub> )	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

X.G. Zhang  
20 NOV 2023



扫描全能王 创建

# 物理实验报告纸



SUSTech

明德求是  
日新自强

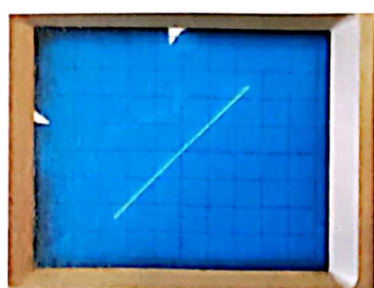
学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_ 星期: \_\_\_\_\_ ☐ 上午 ☐ 下午

表3 测量信号发生器的正弦波

输入频率 (Hz)	200	500	1k	2k	5k	10k	20k
所选时基 (ms/div)	1	1	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
一周所占格数 (div)	5.0	2.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0
测量周期 (ms)	5.0	2.0	1.0	0.5	0.2	0.1	0.05
测量频率 (Hz)	200	500	1000	2000	5000	10k	20k



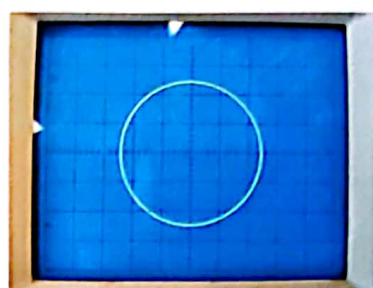
扫描全能王 创建



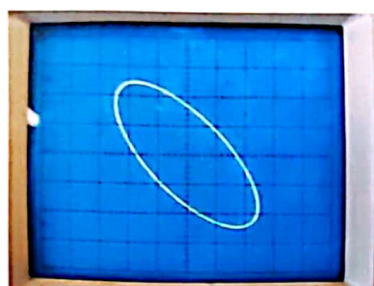
$$\varphi_2 - \varphi_1 = 0$$



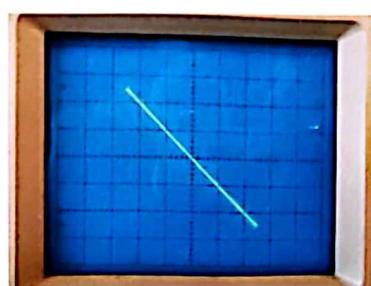
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\pi}{4}$$



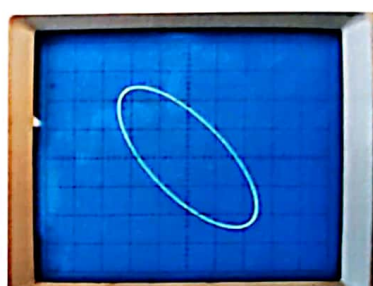
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\pi}{2}$$



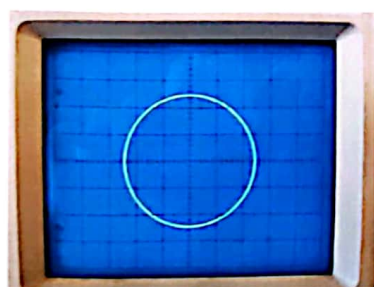
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{3}{4}\pi$$



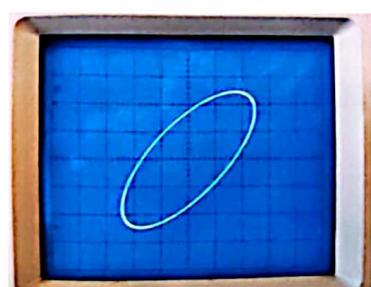
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \pi$$



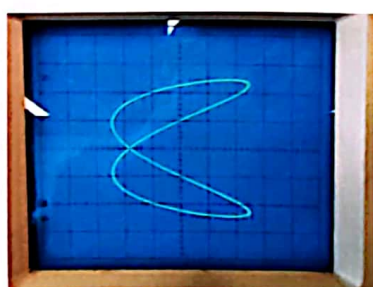
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{5}{4}\pi$$



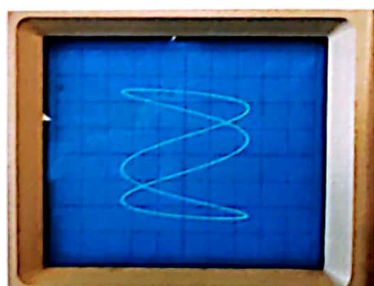
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{3}{2}\pi$$



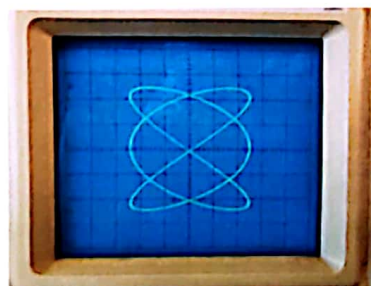
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{7}{4}\pi$$



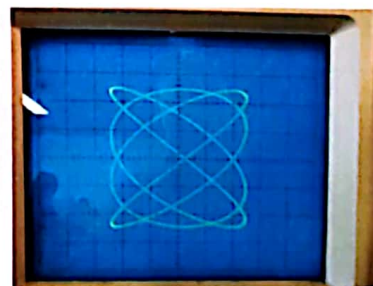
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{1}{2}$$



$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{1}{3}$$



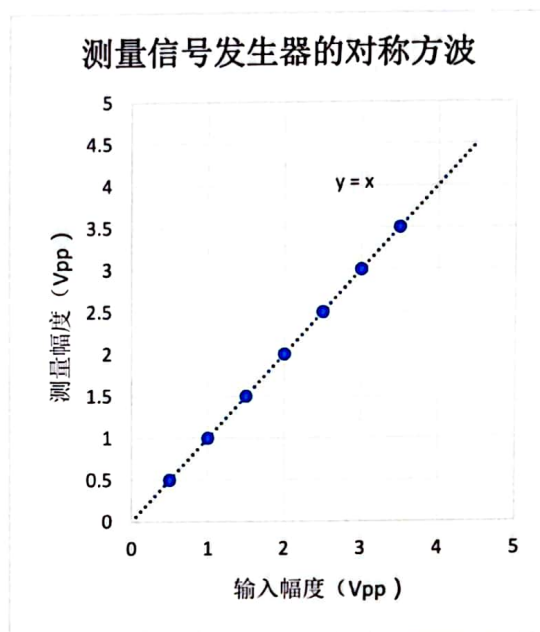
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{2}{3}$$



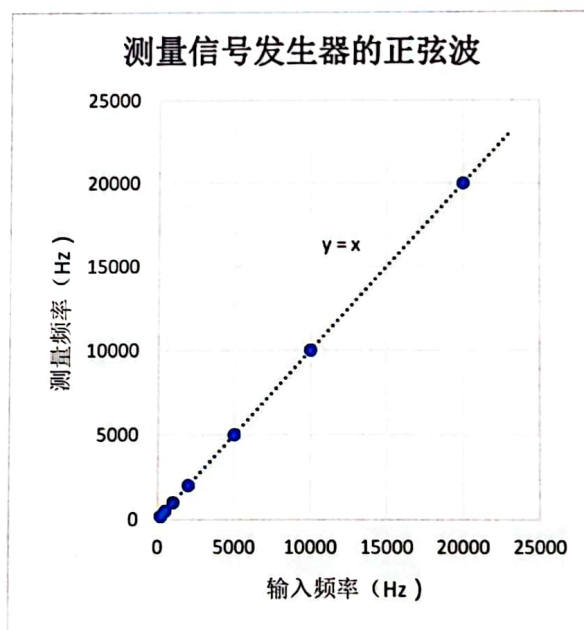
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{3}{4}$$

附图 1





附图 2



附图 3

