

班级  学号  姓名  教师签字 周伟建  
 实验日期 2024.4.23 T5803-1 预习成绩 2 总成绩 \_\_\_\_\_

### 实验名称 示波器实验(虚拟仿真)

#### 一. 实验预习

##### 1. 示波器的基本结构主要有哪些?

示波器由示波管(又称阴极射线管)、放大系统、衰减系统、扫描和同步系统及电源等部分组成。其中,示波管是示波器的基本构件,它由电子枪、偏转板和荧光屏三部分组成,而电子枪是示波管的核心部分,由阴极、栅极和阳极组成。其中,阴极作为阴极射线源,可以实现电子的发射;栅极可通过调节其电压从而控制栅极的电子束强弱以实现辉度控制与调节;阳极分为第一、第二阳极,第一阳极可实现电子束的聚焦,第二阳极可实现聚焦后的电子的加速。偏转板由两对相互垂直的金属板构成,在两对金属板上分别加以直流电压以控制电子束的位置。荧光屏能在高能电子轰击下发光,使我们能在屏上观察到光电的轨迹。电子束的位移大小与 $x, y$ 偏转板上所加的电压有关:

$$x = S_x V_x = \frac{V_x}{D_x}$$

$$y = S_y V_y = \frac{V_y}{D_y}$$

式中的 $S, D$ 为各自偏转板的偏转灵敏度和偏转因数。

##### 2. 李萨如图形形成原理是什么?如何利用李萨如图形测量待测信号频率?

将不同的信号分别输入 $y$ 轴和 $x$ 轴的输入端,当两个信号的相位差恒定且频率相同或为简单的整数比时,荧光屏上就会显示出稳定的李萨如图形,即两个互相垂直的振动(有相同的自变量)的合成成为李萨如图形。可用李萨如图形的相位参数或波形的切点数来测量时间参数:

(1) 当频率相同而振幅和相位不同时,两正弦电压的合成图形为一椭圆。设此两正弦电压分别为

$$x = A \cos \omega t$$

$$y = B \cos (\omega t + \varphi)$$

消去自变量 $t$ ,得到轨迹方程

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB} \cos \varphi = \sin^2 \varphi$$

这是一个椭圆方程。当两者相位差取 $0 \sim 2\pi$ 的不同值时,合成不同的椭圆图形。

(2) 当两个信号的初相位恒定,频率为简单的整数比时,合成的图形为一条稳定的非椭圆的闭合曲线,频率比与图形的切点数之间有下列关系:

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{\text{水平切线上的切点数}}{\text{垂直切线上的切点数}}$$

根据此关系可以利用李萨如图形测信号的频率。

## 二. 实验现象及原始数据记录

实验模式

1. 测量示波器自各方波输出信号的周期（时基分别为 0.1、0.2、0.5ms/DIV）。

表 1 方波信号频率测量

选择时基 (ms)	0.1	0.2	0.5
方波信号 (Hz)	1000	989	982

2. 用示波器测量信号发生器输出的方波信号频率。

表 2 信号发生器输出的方波信号频率测量

时基 (ms)	0.5	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
格数	10.0	5.0	8.5	6.3	10.0	8.4	7.2	6.3	5.6	10.0
周期 (ms)	4.99	2.53	1.69	1.26	0.999	0.844	0.724	0.634	0.561	0.500
频率 (Hz)	200	395	593	791	1000	1180	1380	1580	1780	2000

3. 三角波信号的测量。

(1) 选择信号发生器输出三角波，频率分别为 500、1K、1.5K、2K Hz；

(2) 测量各个频率下三角波的上升时间、下降时间和周期。

表 3 不同频率下三角波信号测量

频率 (Hz)	500	1000	1500	2000
三角波信号上升时间 (ms)	1.01	0.508	0.338	0.254
三角波信号下降时间 (ms)	1.02	0.508	0.338	0.254
三角波信号周期 (ms)	2.03	1.02	0.676	0.508

4. 观察李萨如图形并测频率。

用待测信号源（正弦信号）和信号发生器分别接 y 轴（CH2 通道）和 x 轴（CH1 通道），

取  $\frac{f_x}{f_y}$  为 1、1/2、2 时，测出对应的  $f_x$  和  $f_y$ ，记录有关图形并求出待测信号的频率。

表 4 利用李萨如图形测量信号频率

$f_x/f_y$	1	2/1	1/2
待测信号频率 (Hz)	8800	8800	8800
信号发生器频率 (Hz)	8800	17600	4400

教师	姓名
签字	周伟建

## 5. 实验结论及现象分析

(1) 测量示波器自备方波输出信号的周期（时基分别为 0.1、0.2、0.5ms/DIV）。

由表 1 数据可以看出，当时基为 0.1ms/DIV 时，测得的方波信号数据最准确，可能的原因是在适合的时基范围内，时基的值越小，屏幕上的信号图像越饱满，根据格数和光标测得的数据会更加精确。

(2) 用示波器测量信号发生器输出的方波信号频率。

以信号发生器的频率为 X，示波器测量的频率为 Y，作出 Y-X 曲线。

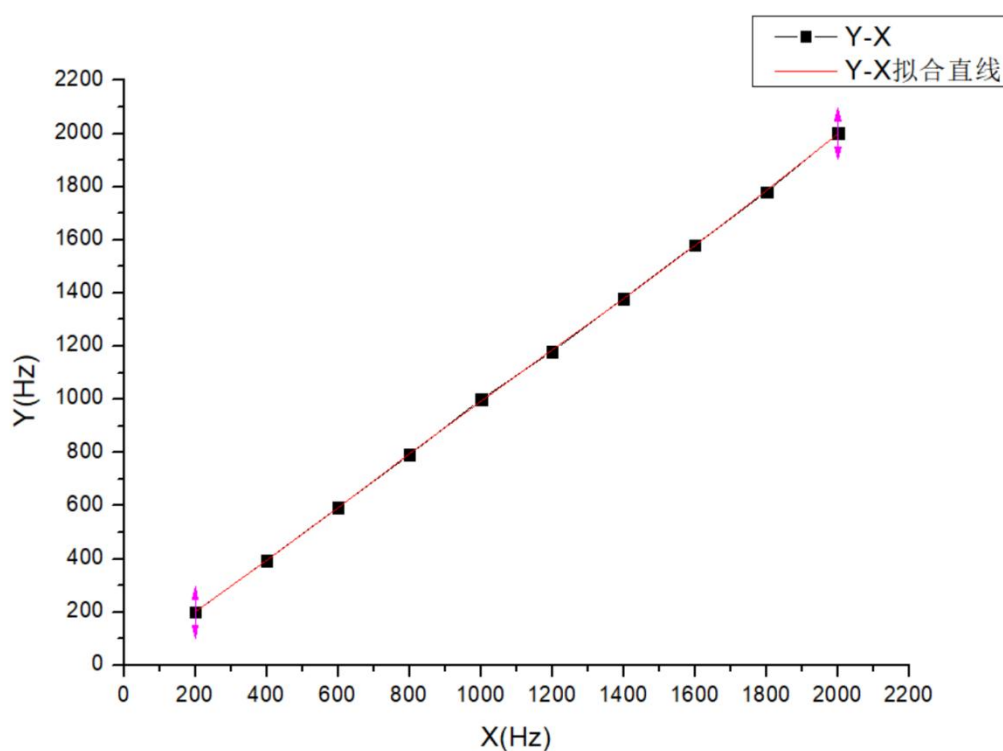


图 1 Y-X 曲线及其拟合直线

根据表 2 数据可以求得该曲线斜率为

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{10} f_i}{5 \times 5} = 197.64(\text{Hz})$$

由图中曲线及计算出的斜率与 200Hz 有一定差别这几方面可以看出，通过实验中示波器测得的频率与信号发生器输出的信号频率存在一定的微小误差，此误差主要源于读数方面存在的微小误差。

## (3) 三角波信号的测量。

由表 3 数据可以看出, 三角波信号的上升时间和下降时间大体一致, 均约为对应信号周期的  $\frac{1}{2}$ 。

## (4) 观察李萨如图形并测频率。

通过示波器实验可得到以下图形 (其中 X 为信号发生器的输出信号, Y 为待测信号源发出的信号):

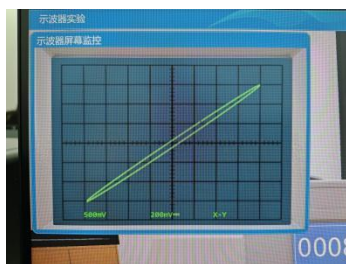


图 2  $\frac{f_x}{f_y} = 1$  李萨如图形

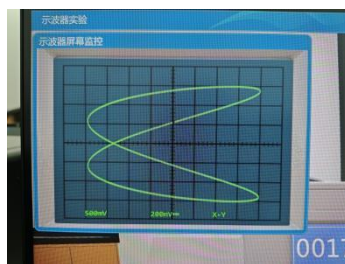


图 3  $\frac{f_x}{f_y} = 2$  李萨如图形

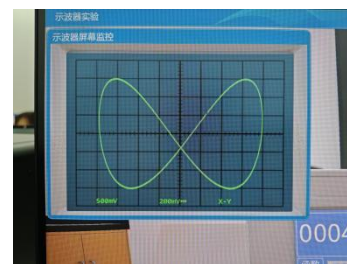


图 4  $\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{2}$  李萨如图形

当示波器显示图形如图 2 所示时, 信号发生器的输出信号频率为 8.8kHz, 此时待测信号源的频率应与信号发生器的输出信号频率相等, 可以得知待测信号源的频率为 8.8kHz; 当示波器显示图形如图 3 所示时, 信号发生器的输出信号频率为 17.6kHz, 此时信号发生器的输出信号频率应为待测信号源的频率的两倍, 可以验证待测信号源的频率为 8.8kHz; 当示波器显示图形如图 4 所示时, 信号发生器的输出信号频率为 4.4kHz, 此时信号发生器的输出信号频率应为待测信号源的频率的  $\frac{1}{2}$ , 同样可以验证待测信号源的频率为 8.8kHz。

## 6. 讨论题

假定在示波器的 y 轴输入一个正弦电压, 所用的水平扫描频率为 120Hz, 在荧光屏上出现三个稳定的正弦波形, 那么输入信号的频率是多少? 这是否是测量信号频率的好方法? 为什么?

答: 输入信号的频率是  $3 \times 120 = 360(\text{Hz})$ 。这种方法并不是测量信号频率的好方法, 因为使用此方法测量信号频率的误差会比较大, 导致精确度较低。