

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称：示波器实验

指导教师：厉位阳

专业：竺可桢学院混合班

班级：混合 1903 班

姓名：徐圣泽

学号：3190102721

实验日期：3 月 6 日 星期 五 下午

## 一、 实验目的:

1. 了解示波器的基本原理和结构。
2. 学习使用示波器观察波形和测量信号周期及其时间参数。
3. 观察李萨如图形。

## 二、 实验内容:

### 1. 用 x 轴的时基测信号的时间参数

测量示波器自带方波输出信号的周期(时基分别为 0.1 ms/cm, 0.2 ms/cm, 0.5ms/cm)。

选择信号发生器的对称方波接 y 输入(幅度和 y 轴量程任选), 信号频率为 200Hz~2kHz(每隔 200Hz 测一次), 选择示波器合适的时基, 测量对应频率的厘米数、周期和频率。以信号发生器的频率为 x 轴, 示波器频率为 y 轴, 作 y-x 曲线, 求出斜率并讨论。

选择信号发生器的非对称方波接 Y 轴, 频率分别为 200, 500, 1K, 2K, 5K, 10K, 20K (Hz), 测量各频率时的周期和正波的宽度。

选择信号发生器的输出为三角波, 频率为 500Hz、1kHz、1.5kHz, 测量各个频率时的上升时间。下降时间和周期。

### 2. 观察李萨如图形并测频率

用两台信号发生器分别接 y 轴和 x 轴, 取等于 1、1/2、2、2/3、3/4 时, 测出对应的和, 画出有关图形并求出待测信号的频率。

## 三、 实验原理:

### 1. 用 x 轴时基测时间参数

在实验中或工程技术上都经常用示波器来测量信号的时间参数, 如信号的周期或频率, 信号波形的宽度、上升时间或下降时间, 信号的占空比(宽度/周期)等。如雷达通过测量发射脉冲与反射(接受)脉冲信号的时间差来实现测距离, 其他无线电测距、声纳测潜艇位置等都属于这一原理。

我们有公式  $T_y = \frac{T_x}{n}$ ,  $f_y = n f_x$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ , 其中扫描电压的周期为  $T_x$ (或频率  $f_x$ ), 被测信号的周期为  $T_y$ (或频率  $f_y$ )。

设待测信号接 y 轴输入端, 则是待测信号的周期, 是 x 轴扫描信号的周期,  $N$  是一个扫描周期内所显示的待测信号的波形周期数。如荧光屏上显示 2 个信号波形, 扫描信号周期是 10ms, 则待测信号的周期是 5ms。

X 轴扫描信号的周期实际上是以时基单位(时间/cm)来标示的, 一般示波管荧光屏的直径以 10cm 居多, 则上式中的  $T_x$ , 由时基乘上 10cm, 如时基为 0.1ms/cm, 则扫描信号的周期为 1ms。为此在实际测量中, 运用以下公式:

$T_y = \text{时基单位} \times \text{波形厘米数}$

式中的波形厘米数, 可以是信号一个周期的读数(可测待测信号的周期)、正脉冲(或负脉冲)的信号宽度的读数或待测信号波形的其他参数。

### 2. 用李萨如图形测信号的频率

如果将不同的信号分别输入 y 轴和 x 轴的输入端, 当两个信号的频率满足一定关系时, 荧光屏上会显示出李萨如图形。可用测李萨如图形的相位参数或波形的切点数来测量时间参数。

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。

两正弦电压的相位差一定, 频率比为一个有理数时, 合成的图形为一条稳定的闭合曲线。图 5 是几种频率

比时的图形, 频率比与图形的切点数之间有下列关系:  $\frac{f_x}{f_y} = \frac{\text{垂直切线上的切点数}}{\text{水平切线上的切点数}}$ 。

四、 实验数据原始记录：

1. 用 x 轴时基测信号的时间参数

(1) 测量示波器自备方波输出信号的周期

序号	1	2	3
选择时基(ms/cm)	0.1	0.2	0.5
方波信号(Hz)	1000	1000	1000

表 1 不同时基下自备方波输出信号周期

(2) 选择信号发生器的对称方波接 Y 输入

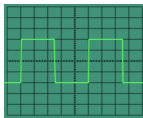
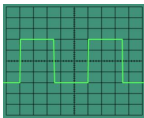
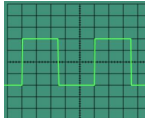
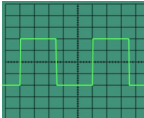
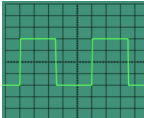
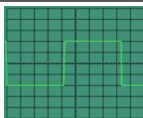
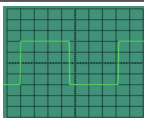
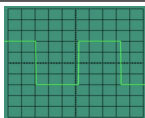
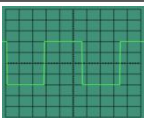
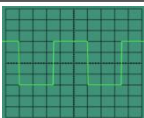
序号	1	2	3	4	5
信号频率(Hz)	200	400	600	800	1000
波形					
时基(ms/cm)	1.0	0.5	0.2	0.2	0.1
厘米数(cm)	5.0	5.1	8.3	6.3	9.9
周期(ms)	5.0	2.55	1.66	1.26	0.99
示波器频率(Hz)	200.0	392.2	602.4	793.7	1010.1
序号	6	7	8	9	10
信号频率(Hz)	1200	1400	1600	1800	2000
波形					
时基(ms/cm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
厘米数(cm)	8.2	7.2	6.3	5.6	5.0
周期(ms)	0.82	0.72	0.63	0.56	0.50
示波器频率(Hz)	1219.5	1388.9	1587.3	1785.7	2000.0

表 2 不同信号频率下示波器频率记录

(3) 选择信号发生器的非对称方波接 Y 输入

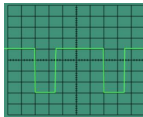
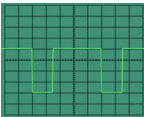
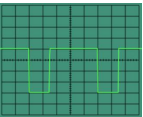
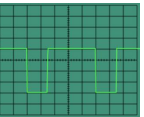
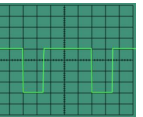
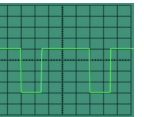
序号	1	2	3	4	5	6
已知频率(Hz)	200	500	1K	2K	10K	20K
信号周期(ms)	5	2	1	0.5	0.1	0.05
波形						
时基(ms/cm)	1	0.5	0.2	0.1	0.02	0.01
正波宽度(cm)	3.5	2.8	3.5	3.5	3.5	3.5
正波时间(ms)	3.5	1.4	0.70	0.35	0.070	0.035
正波：负波	7:3	7:3	7:3	7:3	7:3	7:3

表 3 不同信号频率下非对称方波的正负波记录

(4) 选择信号发生器输出三角波

序号	1	2	3
已知频率(Hz)	500	1K	1.5K

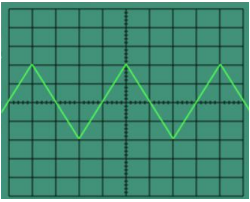
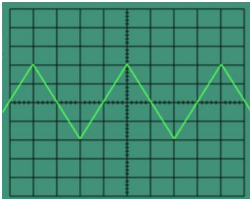
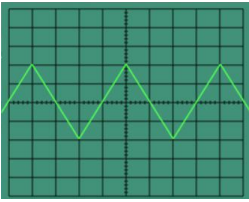
波形			
时基 (ms/cm)	0.5	0.2	0.1
三角信号上升时间 (ms)	1.0	0.50	0.333
三角信号下降时间 (ms)	1.0	0.50	0.333
周期 (ms)	2.0	1.0	0.67

表 4 不同信号频率下三角波升降时间记录

2. 观察李萨如图形并测频率

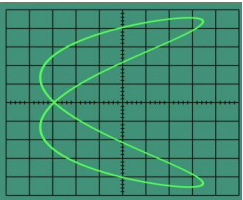
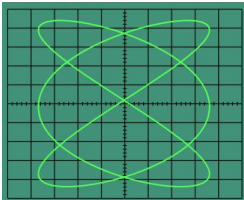
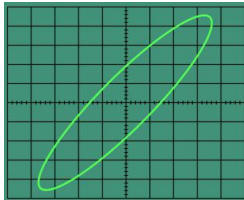
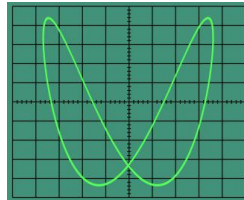
序号	1	2	3	4
波形				
nx	1	2	1	2
ny	2	3	1	1
fx (Hz)	1000	1000	1000	1000
fy 范围 (Hz)	510~545	679.9~710.9	1016~1056	1968~2009
fx/fy 实际范围	1.83/1~1.96/1	1/0.68~1/0.71	0.947/1~0.984/1	1/2.01~1/1.97
fx/fy 理论范围	2:1	3:2	1:1	1:2
公用信号频率 (Hz)	510~545	679.9~170.9	1016~1056	1968~2009

表 5 不同频率比下的李萨如图形记录

五、 实验数据处理和结果分析：

1. 用 x 轴时基测信号的时间参数

(1) 测量示波器自备方波输出信号的周期

在不同时基下，测得的自备方波输出信号波形的厘米数分别为 10.0, 5.0, 2.0，通过  $T = \text{时基单位} \times \text{波形厘米数}$ ，计算得到的周期均为 1ms。

以 0.1ms/cm 为时基测出的时基最准确，因为每一格宽度代表的时间最短，精度最高。

(2) 选择信号发生器的对称方波接 Y 输入

在选择发生器接入不同信号频率的对称方波时，选择合适的时基并记录该时基下波形对应的厘米数，根据公式  $T_y = \text{时基单位} \times \text{波形厘米数}$ ，计算得到了相应的周期，并通过  $f_y = 1/T_y$  得到示波器频率。

以信号发生器频率作为横坐标，示波器频率作为纵坐标，通过描点法作出 y-x 曲线，如下图。

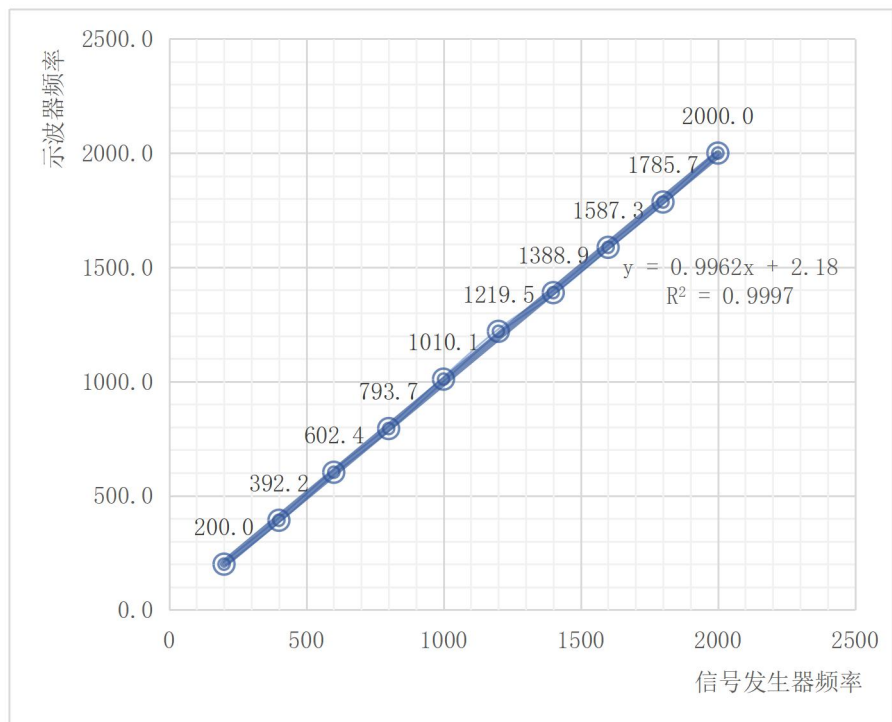


图1 信号发生器频率和示波器频率关系

函数图象的斜率为 0.9962，相对误差为  $(1-0.9962)/1 \times 100\% = 0.38\%$ ，符合实验预期结果。

### (3) 选择信号发生器的非对称方波接 Y 输入

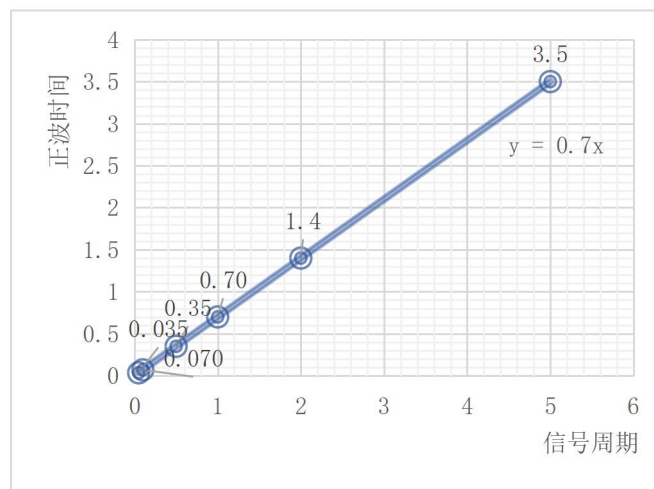


图2 信号周期和正波时间关系

在不同频率下，输出非对称方波，正波时间始终占信号周期的 0.7，换言之，正波与负波输出比例不变。

### (4) 选择信号发生器输出三角波

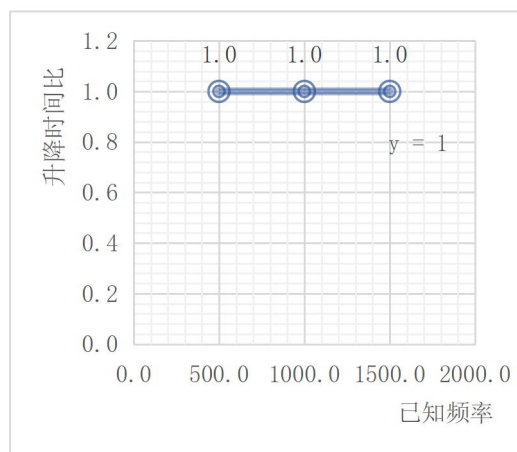


图 3 已知频率和升降比关系

在不同频率（500Hz、1KHz、1.5KHz）下，输出对称三角波，无论信号发生器的频率有多大，显示屏上的波形图形不发生变化，这说明三角波上升和下降的时间比例不变，始终为 1:1（1.0:1.0、0.5:0.5、0.33:0.33），符合预期结果。

## 2. 观察李萨如图形并测频率

序号	1	2	3	4
$f_x/f_y$ 实际范围	1.83/1~1.96/1	1/0.68~1/0.71	0.947/1~0.984/1	1/2.01~1/1.97
$f_x/f_y$ 理论范围	2:1	3:2	1:1	1:2
误差范围	2%~8.6%	1.96%~6%	1.6%~5.3%	0.5%~1.5%

表 6  $f_x$ :  $f_y$  理论值与实际值误差

在已知  $f_x$  频率时，调节  $f_y$  频率得到清晰的李萨如图形。在理论验证中， $f_x$  与  $f_y$  的比值都为整数比，但在具体实验的过程中，得到的  $f_y$  为一个范围，这说明在实际实验中，李萨如图形的显示条件并非严格的整数比，但比值都接近理论整数比。同时验证了  $n_x:n_y=f_y:f_x$  的公式。

在实验的过程中还发现，如果  $f_y$  比  $f_x$  大很多，荧光屏上的线条之间会非常密集以至无法分辨，形成一个矩形图案；如果  $f_y$  比  $f_x$  小很多，荧光屏上会显示一条上下震荡的水平线段。

## 六、 实验心得：

### 思考题

1. 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？

输入信号的频率为 360Hz。这并不是测量信号频率的最好办法，我通过查阅资料发现，用示波器测量信号，是一种较为直观的好方法，但是也只能看到信号的综合叠加后的情况，如果要知道信号的频谱情况，就需要用到频谱分析仪了。

### 心得体会

在示波器实验的学习过程中，我大致完成了实验目标，达到了实验目的。

通过对示波器原理的学习和示波器的实际操作，我初步掌握了示波器的使用方法，并通过示波器观察到了各种信号波形。虽然示波器中仍有许多功能我尚未摸索清楚，但是对示波器有了更加清晰和具体的认识，也对电学实验有了一定程度的了解。

无论是示波器实验还是之前进行的误差配套实验，都需要我们严谨求实地记录实验数据，不抱着侥幸心理企图凭借弄虚作假来蒙混过关。

经过这两个实验的学习，我也总结出了几点示波器实验与误差配套实验的不同之处：

1、本实验更重视实验原理的掌握。此前的误差配套力学实验的实验原理较为简单，此实验要求实验者在足够清楚实验原理的基础上着手实际操作。

2、本实验对实际操作的要求更高。相对于之前的只需要读取数据的实验，本实验通过控制变量方法进行分组实验，要求实验者自己动手改变输入信号并观察实验现象，可操作性更强。

3、本实验的数据处理部分与上实验有显著不同。本实验数据处理分析的过程较简单，对于计算过程的要求较低。在示波器实验中，需要使用的公式较少，实验者只需要通过比较数据的实际值和理论值来验证已知结论，并不需要进行大量的计算过程。同时，本实验要求实验者通过另一种数据处理的方式——作图——来验证结论的正确性。

通过总结发现两个实验有很大的不同，这也教会我们掌握更多的方法，帮助我们对于物理实验的有了更加全面的认识。我相信在日后的实验里还会掌握更多的实验技巧和方法，见识物理学的神奇之处，了解客观事实背后的运行机理。