

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称：示波器的使用

实验桌号：10

指导教师：王鲲

班级：计科 2404

姓名：李宇晗

学号：3240106155

实验日期：2025 年 12 月 8 日 星期二 上午

浙江大学物理实验教学中心

# 一、预习报告

## 1. 实验综述

(自述实验现象、实验原理和实验方法)

1. **示波管工作原理**：示波器结构主要由电子枪、偏转系统和荧光屏组成。阴极受热发出电子，经电场加速后射向荧光屏形成亮点。在 Y (或 X) 偏转板间加上电压时，电子束受电场力作用发生偏转，亮点位移与电压成正比。

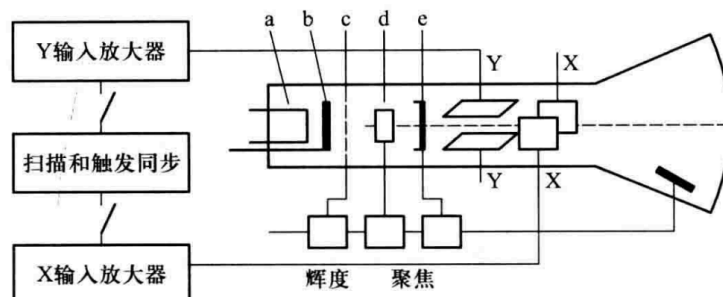


Figure 1: 示波器工作原理示意图

2. **波形扫描原理**：在 X 轴水平偏转板上加上锯齿波扫描电压，光点在水平方向匀速运动。当扫描电压周期  $T_x$  与 Y 轴信号电压周期  $T_y$  满足  $T_x = nT_y$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) 时，波形稳定显示。
  - 当  $T_y > T_x$  时，波形向右移动。
  - 当  $T_y < T_x$  时，波形向左移动。

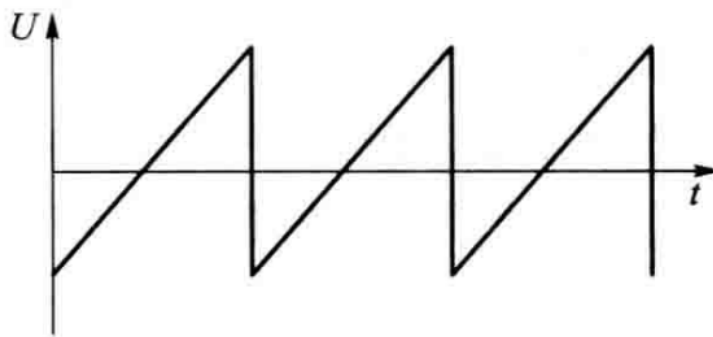


Figure 2: 波形扫描原理示意图

1. **李萨如图形**：若在 X 轴和 Y 轴都输入正弦电压，当频率满足简单整数比时，显示李萨如图形。频率关系满足  $f_y : f_x = N_x : N_y$  ( $N$  为切点数或交点数)。
1. **测量方法**：
  - 电压测量：利用光标法或直接读数法测量  $U_{\{P-P\}}$ 。
  - 频率测量：利用周期  $T$  计算  $f = \frac{1}{T}$ 。

## 2. 实验重点与难点

重点：

1. 了解示波器结构和工作原理。
2. 掌握示波器面板旋钮功能及使用方法（测幅度、周期、相位差）。
3. 掌握李萨如图形测频原理。

难点:

1. 李萨如图形调节: 信号源精度限制导致图形难稳定, 切点计数易有主观误差。
2. 波形同步: 需精准匹配时基, 触发电平调节不当会导致波形移动或失真。
3. 光标法测量: 波形线条宽度影响光标对齐精度。

## 二、原始数据

3240106155 李宇晗 桌号10 12.8

1. $f_y = n f_x$					
波形个数 $n$	1	2	3	4	5
$f_y/\text{Hz}$	207.0	404.8	604.4	806.4	1002.0
$f_x/\text{Hz}$	207.00	202.40	201.58	201.60	202.40
2. 频率比 $f_y:f_x$	1:1	1:2	1:3	2:1	2:3
图形					
垂直交点数	2	4	6	2	6
水平交点数	2	2	2	4	4
$f_x/\text{Hz}$	50.30	<del>50.30</del> 49.97	50.309	50.02	74.958
$f_y/\text{Hz}$	50.30	49.97	50.103	50.042	49.970
3. $U_{\text{pp}} = 5.04\text{V}$ $U_{\text{cp}} = 1.84\text{V}$					
4. $T = 0.504\text{ms}$ $\tau_1 = 0.100\text{ms}$					

王 12.8

## 三、结果与分析

### 1. 数据处理与结果

#### 1.1 比较法验证 $f_y = n f_x$

在扫描时基信号适当条件下, 设定  $f_{x0} \approx 200\text{ Hz}$ , 测得数据如下表所示:

波形个数 $n$	1	2	3	4	5
信号频率 $f_y$ (“Hz”)	203.0	404.8	604.74	806.4	1002.0
计算频率 $f_x$ (“Hz”)	203.00	202.40	201.58	201.60	200.40

Table 1: 比较法验证频率关系数据表

数据处理:

平均频率:

$$\bar{f}_x = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 f_{xi} = 201.80 \text{ Hz}$$

相对误差:

$$E_{f_x} = \frac{|201.80 - 200|}{200} \times 100\% = 0.90\%$$

### 1.2 李萨如图形测量信号频率

设定标准信号  $f_{y0} = 50 \text{ Hz}$ , 测量不同比例下的频率。数据如下表:




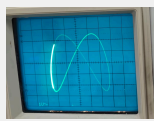

频率比 $f_y : f_x$	1:1	1:2	1:3	2:1	2:3
图形形状					
垂直交点 $N_y$	2	4	6	2	6
水平交点 $N_x$	2	2	2	4	4
测量 $f_x$ (“Hz”)	50.030	99.953	150.309	25.021	74.954
计算 $f_y$ (“Hz”)	50.030	49.977	50.103	50.042	49.970

Table 2: 李萨如图形测量数据表

数据处理:

平均频率:

$$\bar{f}_y = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 f_{yi} = 50.024 \text{ Hz}$$

相对误差:

$$E_{f_y} = \frac{|50.024 - 50|}{50} \times 100\% = 0.05\%$$

### 1.3 二极管正向导通电压测量

利用光标法测得:

- 输入信号峰峰值  $U_{1P-P} = 5.04\text{V}$

- 输出信号半波峰值  $U_{2P} = 1.84V$

则二极管正向导通电压为：

$$U_{on} = \frac{U_{1P-P}}{2} - U_{2P} = \frac{5.04}{2} - 1.84 = 0.68V$$

#### 1.4 相位差的测量

利用光标法测量 RC 电路：

- 信号周期  $T = 0.504 \text{ ms}$
- 峰值时间差  $t_1 = 0.100 \text{ ms}$

相位差计算：

$$\Delta\varphi = \frac{t_1}{T} \times 360^\circ = \frac{0.100}{0.504} \times 360^\circ \approx 71.4^\circ$$

## 2. 误差分析

1. **读数与光标误差：**示波器波形线条有一定宽度，光标对齐波峰或波谷时存在人为视觉误差，这直接影响电压和时间测量的准确度。
2. **李萨如图形稳定性：**实验中信号发生器与示波器之间的频率比很难严格锁定，导致图形缓慢旋转或抖动，影响了对  $N_x, N_y$  的判断以及稳定读数的读取。
3. **仪器误差：**信号发生器本身的输出频率读数可能存在系统误差，导致验证  $f_y = n f_x$  时计算出的  $f_x$  与预设值有偏差。
4. **相位差测量：**由于  $\Delta t$  较小，光标定位的微小偏差（如 1-2 个像素点）会被放大，导致计算出的角度误差较大。

## 四、 思考题

### 1. 示波器为什么能显示被测信号的波形？

答：示波器利用电子束在电场中的偏转原理。Y 轴施加被测信号电压控制电子束垂直偏转，X 轴施加锯齿波扫描电压控制电子束水平匀速扫描。当两者合成时，荧光屏上即可显示出被测信号电压随时间变化的波形。

### 2. 在观察李萨如图形时，为什么它总是不断地来回翻转，翻转快慢受什么因素影响？

答：李萨如图形翻转是因为两个通道信号的频率之比不严格等于整数比（或相位差在随时间变化）。翻转的快慢取决于频率差值  $\Delta f$ ，差值越大，图形翻转越快。

### 3. 切实理解示波器同步的概念，如果发生波形左移或右移多时，应如何调整才能使其稳定下来？

答：波形移动说明扫描并未与信号同步。应调节 TRIGGER LEVEL（触发电平）旋钮，使触发电路在特定电平启动扫描；同时确保 SOURCE（触发源）选择正确。

#### • 注意事项：

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名+学号+实验名称+周次。
2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”本课程内对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价须在本次实验结束后 3 天内进行。