

# 浙江大学

# 物理实验报告

实验名称: 示波器的使用

实验桌号:

指导教师: 房若宇

班级:

姓名:

学号:

实验日期: 2025 年 12 月 2 日 星期二上午

(此处填实验选课系统内日期)

浙江大学物理实验教学中心

如有实验补做, 补做日期:

情况说明:

## **一、原始数据（20 分）**

（将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，完整保留姓名，学号，教师签字和日期。）

## 二、结果与分析 (60 分)

### 1. 数据处理与结果 (30 分)

(列出数据表格、选择适合的数据处理方法、写出测量或计算结果。)

#### 1、比较法验证 $f_y = nf_x$

表 1 比较法实验数据记录

波形个数	1	2	3	4	5	6
$f_y/Hz$	199.2	398.9	600.7	797.5	999.8	1197.3
$f_x/Hz$	199.20	199.45	200.23	199.38	199.96	199.55

(1) 求  $f_x$  平均值

计算过程如下：

$$\begin{aligned}\bar{f}_x &= \frac{1(199.20 + 199.45 + 200.23 + 199.38 + 199.96 + 199.55)}{6} \\ &= 1197.76Hz/6 \\ &\approx 199.63Hz\end{aligned}$$

(2) 求  $f_x$  相对误差

依据实验标准值设定，取  $f_x$  的真值为 200Hz。

计算公式：

$$\text{相对误差} = \frac{|\text{测量值} - \text{真值}|}{\text{真值}} \times 100\%$$

计算过程：

$$\begin{aligned}\text{相对误差} &= \frac{|199.63 - 200|}{200} \times 100\% = \frac{0.372}{200} \times 100\% \\ &= 0.19\%\end{aligned}$$

#### 2、用李萨如图形测量正弦波信号频率

表 2 李萨如图形实验数据记录

频率比	1: 1	1: 2	1: 3	2: 1	2: 3
图形					
垂直交点数 (Y)	2	4	6	2	6
水平交点数 (X)	2	2	2	4	4
$f_x/Hz$	50.023	100.088	150.064	25.026	75.051
$f_y/Hz$	50.023	50.044	50.021	50.052	50.034

(1) 求 $f_y$ 平均值

计算过程如下：

$$\begin{aligned}\bar{f}_y &= \frac{50.023 + 50.044 + 50.021 + 50.052 + 50.034}{5} \\ &= \frac{250.174}{5} \\ &= 50.035\text{Hz}\end{aligned}$$

(2) 求 $f_y$ 相对误差

已知真值为 50 Hz。

计算公式：

$$\text{相对误差} = \frac{|\text{测量值} - \text{真值}|}{\text{真值}} \times 100\%$$

计算过程：

$$\begin{aligned}\text{相对误差} &= \frac{|50.035 - 50|}{50} \times 100\% \\ &= \frac{0.035}{50} \times 100\% \\ &= 0.00070 \times 100\% \\ &= 0.070\%\end{aligned}$$

3、测量二极管正向导通电压。

$$\begin{aligned}U_{1p-p} &= 5.04V \\ U_{2p} &= 1.92V \\ \frac{U_{1p-p}}{2} - U_{2p} &= 0.60V\end{aligned}$$

4、光标法测量相位差。

$$\Delta t = 0.120ms$$

$$\Delta T = 0.512ms,$$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{\Delta T} \times 360^\circ = 84^\circ 22'33''$$

## 2. 误差分析 (20 分)

(运用测量误差、相对误差或不确定度等分析实验结果，写出完整的结果表达式，并分析误差原因。)

### 1、比较法验证

本次实验测得 $f_x$ 的相对误差为 0.19%。该误差在允许范围内，主要来源于以下几方面：  
信号源稳定性：普通信号发生器输出的频率信号可能存在微小的漂移，并非绝对稳定的恒定值。

示波器时基精度：示波器内部的晶振或扫描电路存在固有的系统误差。

**读数误差：**在使用光标或直接读取波形周期时，光标的定位精度受限于屏幕分辨率，且人眼判断波形过零点或峰值位置时存在主观偏差。

## 2、李萨如图形法测量结果分析

利用李萨如图形测得 $f_y$ 的相对误差为 0.070%。主要误差来源如下：

**图形稳定性判断：**李萨如图形稳定不旋转的条件是频率比严格为有理数。实验中图形往往处于缓慢旋转或变形状态，说明频率比并非严格锁定，导致瞬时频率测量存在偏差。

**参考频率误差：**该方法的测量精度很大程度上取决于作为参考的已知信号的准确度。

## 3、二极管正向导通电压测量结果分析

实验测得二极管正向导通电压为 0.6V，符合硅二极管的理论特性（约 0.6V-0.7V）。误差主要来源：

**视觉估读误差：**在读取  $U_{1p-p}$  和  $U_{2p}$  时，波形峰顶并不一定落在格线上，需要人工调整参考线读取，存在视差。

## 4、光标法测量相位差结果分析

测得相位差为  $84^{\circ} 22'33''$ 。影响该测量精度的主要因素包括：

**光标对准误差：**这是最主要的影响因素。相位差测量依赖于两个波形过零点的时间差  $\Delta t$ 。

由于波形迹线较粗且可能叠加噪声，难以精确确定波形与中心水平线的严格交点，导致光标放置位置存在人为偏差。

**信号同步抖动：**如果触发电平调节未达最优，波形可能产生微小的水平抖动，造成  $\Delta t$  和  $\Delta T$  的读数不稳定。

**非线性扫描误差：**示波器水平扫描的线性度并非理想，屏幕不同区域的扫描速度可能存在细微差异，从而影响时间间隔的测量准确性。

## 3. 实验探讨（10 分）

（对实验内容、现象和过程的小结，不超过 100 字。）

本实验掌握了示波器的基本操作。通过观测信号波形，利用直接法与光标法测量了电压、频率及相位差。借助李萨如图形法测定了未知频率，并观测了二极管特性。实验现象清晰，验证了示波器工作原理，达到了预期目的。

## 三、思考题（10 分）

（解答教材或讲义或老师布置的思考题，请先写题干，再作答。）

### 1. 示波器为什么能显示被测信号的波形？

示波器的基本原理是电子束在荧光屏上的合成运动。示波器内部包含一个电子枪，发射出的电子束经过 X 轴偏转板和 Y 轴偏转板后打在荧光屏上。在 Y 轴偏转板上加载被测信号电压，使电子束在垂直方向随信号幅度变化而上下移动；同时，在 X 轴偏转板上加载示波器内部产生的锯齿波电压，使电子束在水平方向上随时间线性地从左向右扫描。当 X 轴的水平扫描速度与 Y 轴被测信号的变化同步时，根据运动合成原理，荧光屏上光点的轨迹就是被测信号电压随时间变化的曲线，即 V-t 图。

### 2. 在观察李萨如图形时为什么总是不断地来回翻转，翻转快慢受哪种因素所影响？

李萨如图形的形状取决于加在 X 轴和 Y 轴上的两个正弦信号的相位差。当两个信号的频率不完全相等时，两信号之间的相位差不是固定的，而是随时间不断变化的。相位差的变化导致李萨如图形的形状随之改变，视觉上就表现为图形在不断地翻转或旋转。

翻转的快慢受两个信号频率之差的大小的影响。两信号的频率差越大，相位差改变得越快，图形翻转的速度就越快；频率差越小，图形翻转越慢。只有当两个信号频率严格相等时，相位差恒定，图形才会静止不动。

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

示波器的同步是指扫描信号的周期与被测信号的周期之间保持严格的整数倍关系，确保每次水平扫描的起始点都对应被测信号波形的同一相位位置，从而使多次扫描的轨迹在屏幕上重叠，形成稳定的显示。

如果观察到波形向左移动，说明被测信号的频率略大于扫描频率。为了使其稳定，应调节扫描微调旋钮（**VAR**）或扫描时间开关，使扫描频率变大，或者调节触发电平（**Level**）使其重新锁定。

如果观察到波形向右移动，说明被测信号的频率略小于扫描频率。为了使其稳定，应调节扫描微调旋钮，使扫描频率变小。

在实际操作中，最有效的稳定波形方法是正确选择触发源并调节“触发电平”（**Level**）旋钮，设定一个触发电压阈值，强行控制示波器只有在输入信号达到该阈值时才开始扫描，从而实现自动同步。

#### 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。

浙江大学物理实验教学中心制