

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称: 示波器的使用

实验桌号: 1

指导教师: 王宙洋

班级: \_\_\_\_\_

姓名: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

实验日期: 2025 年 11 月 27 日 星期 四 下午

## 一、 预习测试（10 分）

上课前到学在浙大上完成，注意测试仅 1 次机会。期末时测试分数会与报告其他部分的分数进行加和处理。

## 二、 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。）

## 三、 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）用比较法验证  $f_y = n * f_x$

设定信号发生器频率  $f_x = 200Hz$

| 波形个数n | 信号频率 $f_y(Hz)$ | 测得的扫描频率 $f_x(Hz)$ |
|-------|----------------|-------------------|
| 1     | 198.4          | 198.4             |
| 2     | 395.8          | 197.9             |
| 3     | 592.7          | 197.6             |
| 4     | 789.7          | 197.4             |
| 5     | 989.3          | 197.9             |
| 6     | 1185.4         | 197.6             |

$$\text{最终结果 } \bar{f}_x = \frac{1}{6}(198.4 + 197.9 + 197.6 + 197.4 + 197.9 + 197.6) = 197.8Hz$$

$$\text{相对误差 } E = \left| \frac{\bar{f}_x - f_x}{f_x} \right| = 1.1\%$$

（2）用李萨如图形测量未知信号的频率

信号发生器背后输出的约为  $50Hz$  的电压，记为  $f_y$

| 频率比 $f_y : f_x$ | 1:1    | 1:2     | 1:3     | 2:1    | 3:1    | 3:2    |
|-----------------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 图形              | 见图 1   | 见图 2    | 见图 3    | 见图 4   | 见图 5   | 见图 6   |
| 垂直交点数 $N_y$     | 2      | 4       | 6       | 2      | 2      | 4      |
| 水平交点数 $N_x$     | 2      | 2       | 2       | 4      | 6      | 6      |
| 读出 $f_x(Hz)$    | 49.973 | 100.114 | 150.209 | 24.996 | 16.667 | 33.334 |
| 计算 $f_y(Hz)$    | 49.973 | 50.057  | 50.070  | 49.992 | 50.001 | 50.001 |

$$\text{最终结果 } \bar{f}_y = \frac{1}{6}(49.973 + 50.057 + 50.070 + 49.992 + 50.001 + 50.001) = 50.016Hz$$

$$\text{相对误差 } E = \left| \frac{\bar{f}_y - f_y}{f_y} \right| = 0.031\%$$

李萨如图图片 6 张依次附上：

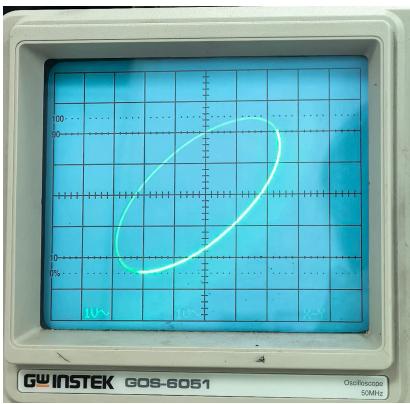


图 1

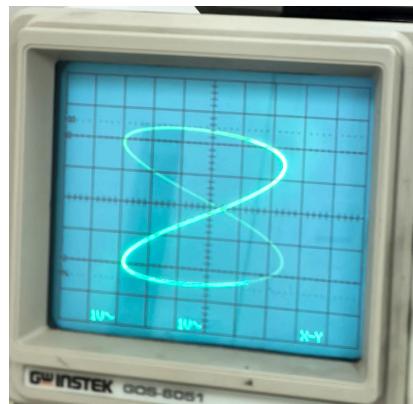


图 2

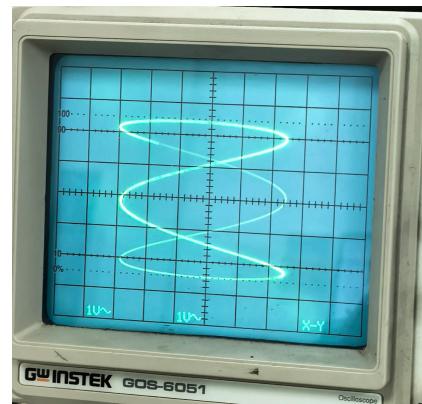


图 3

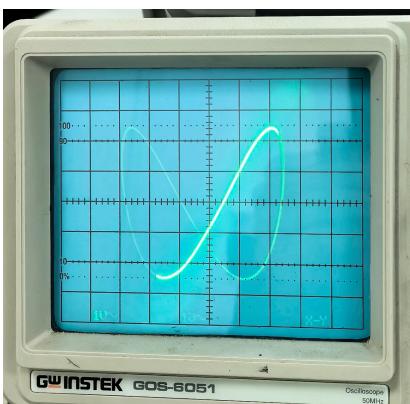


图 4

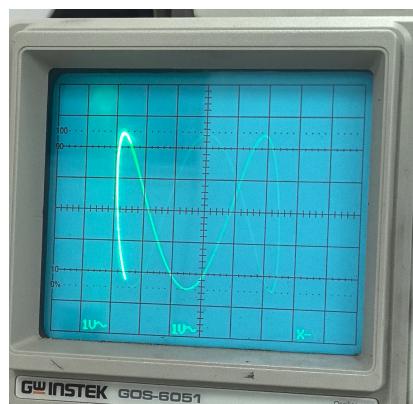


图 5

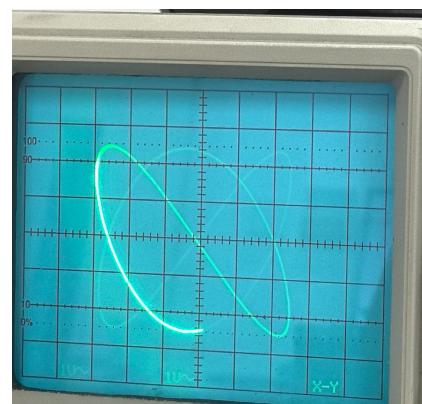


图 6

### (3) 二极管正向导通电压的测量

光标法测量结果:

$$U_{1p-p} = 5.20V, U_{2p} = 1.92V$$

$$U_{\text{导通}} = \frac{1}{2}U_{1p-p} - U_{2p} = 0.68V$$

### (4) RC 电路输入输出波形相位差的测量

输入信号:  $2kHz, 5V$

光标法测量结果:

波形时间差  $\Delta t = 0.108ms$ , 周期  $T = 0.500ms$

$$\text{计算相位差: } \Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = 77.76^\circ$$

## 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) 实验结果分析

1. 比较法验证  $f_y = n * f_x$

$$\text{计算 A 类不确定度: } u_A = \sqrt{\frac{1}{6 \times 5} \times \sum_{i=1}^6 (f_{xi} - \bar{f}_x)^2} = 0.1Hz$$

实验要求中未考虑 B 类不确定度，最终结果： $\bar{f}_x = (197.8 \pm 0.1) Hz$

相对误差  $E = 1.1\%$ ，与信号发生器显示频率有一定误差。

## 2. 李萨如图形测量未知信号的频率

计算 A 类不确定度： $u_A = \sqrt{\frac{1}{6 \times 5} \times \sum_{i=1}^6 (f_{yi} - \bar{f}_y)^2} = 0.016 Hz$

实验要求中未考虑 B 类不确定度，最终结果： $\bar{f}_y = (50.016 \pm 0.016) Hz$

相对误差  $E = 0.031\%$ ，与  $50 Hz$  误差较小。

### (2) 误差原因分析

1. 由于波形存在一定宽度，测量存在一定的误差。

2. 实验“比较法验证  $f_y = n * f_x$ ”中，调整波形个数恰好为整数个存在一定的主观性，可能导致一定的误差。

3. 实验“李萨如图形测量未知信号的频率”中，判断李萨如图形的稳定状态存在一定的主观性，且由于信号发生器精度有限，难以通过调节频率使得李萨如图形保持近乎稳定，从而引入误差。

4. 实验“RC 电路输入输出波形相位差的测量”中，示波器光标法测量波形时间差的最小分度为  $4 ms$ （合适比例下），可能对读数准确性有影响。

## 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。）

本次实验了解示波器的结构和工作原理，了解示波器的扫描原理，熟悉了示波器面板旋钮的功能，掌握了示波器的调节和使用方法。学习了用示波器观察信号波形，并测量其幅度大小、周期（或频率）、相位，掌握了李萨如图形测量正弦信号频率的原理和方法。实验中能够正确调整示波器显示相关波形，过程顺利。

## 四、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. 示波器的主要结构与各部分的作用是什么？示波器为什么能显示被测信号的波形？

示波器主要分为四个基本部分：示波管、放大器、扫描与触发同步系统和电源。示波管是核心显示部件，通过电子枪发射电子束，经偏转板控制偏转后，在荧光屏上呈现波形；放大器含 X 轴和 Y 轴放大，用于放大微弱被测信号和扫描信号，确保信号幅值适配显示需求；扫描与触发同步系统产生锯齿波扫描信号提供时间基准，同时通过触发控制使扫描起始点与被测信号相位固定，保障波形稳定；电源为各模块提供稳定高压（供电子加速）和低压（供电路工作），支撑整机正常运行。

示波器阴极因受热而发出电子，经电场加速后高速射向荧光屏，显示亮点。若在两块 Y（或 X）偏转版上加电压，电子束在偏转电场中发生偏转。若施加交变正弦电压，电子偏转的位移会随电压变化而相应变化，从而显示波形。

2. 在观察李萨如图形时为什么总是来回不断翻动，翻动的快慢是受哪种因素所影响？

翻转是由于两个信号的频率并非成严格的整数比，因此导致两信号的相位差不断改变。翻转快慢即相位差改变的快慢，这与两者频率整数倍间的差值 $|pf_x - qf_y|$ ( $p, q$ 互质)有关。

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？

同步：保证被测信号与扫描信号的频率成整数比。否则，由于相位不断变化会导致波形的左移或右移。

调整：用 TRIG LEVEL 调节触发电平幅值，使得每次触发抓取的信号相位相同，从而显示一条稳定的波形。

- 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。