

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: 王宙洋

班级: 机械工程

姓名: CyanHaze

学号: _____

实验日期: 2025 年 1 月 6 日 星期 二 下午

一、预习报告（10分）

（注：将已经写好的“物理实验预习报告”内容拷贝过来）

1. 实验综述（5分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过500字。）

本实验通过示波器的使用，深入探究了电信号的波形显示与测量方法。实验现象包括观察不同信号（如正弦波、方波）的波形，以及通过李萨如图形测量未知信号频率。实验原理主要基于示波器的核心结构（示波管、放大器、扫描系统等）和工作机制，如电子束在偏转电场作用下的运动轨迹、扫描电压与待测信号的同步展开等。此外，还涉及触发同步的原理，即通过控制扫描信号的起始点来稳定波形显示。实验方法包括直读法和光标法测量电压与周期，比较法验证扫描时基精度，以及利用李萨如图形法测量频率。通过这些方法，学生能够掌握示波器的基本操作和信号分析技术。

2. 实验重点（3分）

（简述本实验的学习重点，不超过100字。）

- 理解示波器的基本结构和工作原理，特别是电子束偏转和扫描同步机制。
- 掌握示波器的操作方法，如触发设置、通道选择、波形稳定调节等。
- 学会使用直读法和光标法测量信号的电压、周期及频率。
- 通过李萨如图形法测量未知信号频率，理解频率比与图形交点的关系。

3. 实验难点（2分）

（简述本实验的实现难点，不超过100字。）

- 触发同步的调节：需精确设置触发电平和触发源，才能获得稳定的波形，操作不当会导致波形漂移或模糊。
- 李萨如图形的观察与频率计算：需细心调节信号频率以达到稳定的图形，并准确读取水平和垂直交点数。
- 光标法的操作：需熟练使用示波器的光标功能，精确对齐波形特征点，否则会引入测量误差。
- 误差控制：在测量导通电压或相位差时，需注意信号耦合方式、负载效应等因素对结果的影响。

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。）

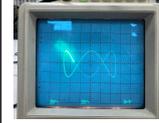
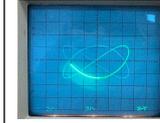
三、结果与分析（60分）

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。）

	波形数 n	1	2	3	4	5	6
--	---------	---	---	---	---	---	---

实验一：比较法验证	测量 f_y (Hz)	203.900	405.900	608.100	808.800	1016.700	1223.000
	计算 f_x (Hz)	203.900	202.950	202.700	202.200	203.340	203.833
	平均值 $\overline{f_x} = 203.154 \text{ Hz}$						

实验二：用李萨如图测量未知信号的频率						
频率比 $f_y : f_x$	1:1	1:2	1:3	2:1	3:1	2:3
图形						
垂直交点数 N_y	2	4	6	2	2	6
水平交点数 N_x	2	2	2	4	6	4
读出 f_x (Hz)	49.988	99.963	150.075	24.993	16.663	74.995
计算 f_y (Hz)	49.988	49.982	50.025	49.986	49.989	49.997
平均值 $\overline{f_y} = 49.995 \text{ Hz}$, 相对误差 $E = -0.011\%$						

实验三：二极管导通电压测量		光标法
	U_{1p-p}	5.04V
	U_{2p}	1.84V

实验四：RC 电路的相位差测量		光标法
	Δt	0.104ms
	T	0.504ms

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。)

2.1 实验一：比较法验证扫描频率

根据测量数据，计算得到 f_x 的平均值为：

$$\overline{f_x} = 203.154 \text{ Hz}$$

本实验中，示波器时基置于 0.5 ms/div ，对应的标准扫描频率应为：

$$f_{\text{std}} = \frac{1}{0.5 \times 10^{-3} \text{ s} \times 10 \text{ div}} \times 10 \text{ div} = 200 \text{ Hz}$$

相对误差计算：

$$E = \frac{\overline{f_x} - f_{\text{std}}}{f_{\text{std}}} \times 100\% = \frac{203.154 - 200}{200} \times 100\% \approx 1.58\%$$

测得的频率略高于标准值，相对误差为 1.58%。误差来源可能包括：

1. 信号发生器的输出频率读数误差或未完全预热稳定。
2. 示波器内部时基电路的校准偏差。
3. 人眼判断波形周期的视觉误差。

2.2 实验二：李萨如图形法测量频率

根据数据表，计算得到 f_y 的平均值为：

$$\overline{f_y} = 49.995 \text{ Hz}$$

以市电标准频率 $f_{\text{std}} = 50 \text{ Hz}$ 为理论值，相对误差为：

$$E = \frac{49.995 - 50}{50} \times 100\% = -0.01\%$$

相对误差极小仅 -0.01% ，说明李萨如图形法测量频率具有很高的精度。微小的误差可能来源于：

1. 信号发生器调节时的微小频率漂移。
2. 图形切点判断时的计数偶尔偏差。

2.3 实验三：二极管导通电压测量

根据光标法测量数据：

$$U_{1p-p} = 5.04 \text{ V}, \quad U_{2p} = 1.84 \text{ V}$$

代入二极管导通电压计算公式：

$$U_{\text{on}} = \frac{1}{2}U_{1p-p} - U_{2p} = \frac{1}{2} \times 5.04 - 1.84 = 2.52 - 1.84 = 0.68 \text{ V}$$

计算出的导通电压为 0.68 V。误差可能来源于：

1. 光标定位时未完全对准波形峰值。
2. 二极管本身的温度特性导致的电压波动。

2.4 实验四：RC 电路相位差测量

根据测量数据：

$$\Delta t = 0.104 \text{ ms}, \quad T = 0.504 \text{ ms}$$

计算相位差：

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = \frac{0.104}{0.504} \times 360^\circ \approx 74.29^\circ$$

测得相位差约为 74.3° 。误差来源分析：

1. 光标测量误差：这是最大的误差来源。在屏幕上确定两个波形的过零点时间差 Δt 时，由于波形有一定宽度，光标位置的微小移动会对结果产生较大影响。
2. 读数误差： Δt 和 T 的读数精度限制。

3. 仪器噪声：信号中混入的噪声可能导致过零点模糊，影响时间间隔的测量。

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。）

本实验通过示波器观察和测量多种电信号波形，验证了其核心功能与原理。实验现象与理论基本吻合，如李萨如图形频率比与交点数的关系、RC电路的相位差特性等。操作难点在于触发同步调节和光标法精确测量，需反复练习以减小误差。误差主要源于仪器精度、读数偏差及非线性元件特性（如二极管导通电压）。实验深化了对示波器工作原理的理解，并提升了信号分析与误差控制能力，为后续电子测量奠定了基础。

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。）

五、思考题解答

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？

示波器主要由以下四个基本部分组成：

- 示波管（CRT 或 LCD 显示屏）：这是示波器的显示终端，用于将电信号转换为可视化的波形。
- 电子放大系统（垂直放大器和水平放大器）：
 - ▶ 垂直放大器（Y轴）：放大输入的被测信号，使其幅度足以驱动电子束在垂直方向偏转。
 - ▶ 水平放大器（X轴）：放大内部产生的扫描信号或外部输入的水平信号，控制电子束在水平方向的运动。
- 扫描与触发同步系统：
 - ▶ 扫描电路：产生锯齿波电压，使电子束在水平方向上做匀速扫描运动（从左向右），代表时间轴。
 - ▶ 触发电路：控制扫描的起始时刻，保证每次扫描都从被测信号的同一点开始，使屏幕上显示稳定的波形。
- 电源系统：为示波器各部分电路提供所需的各种电压。

示波器显示波形的原理：示波器利用电子束在荧光屏上的二维运动来描绘信号。

1. 将被测电压信号加在示波管的垂直偏转板（Y轴）上，控制电子束上下移动，位移量与信号电压成正比。
2. 将示波器内部产生的线性锯齿波电压加在水平偏转板（X轴）上，控制电子束从左向右匀速移动，代表时间的流逝。
3. 当电子束同时受到这两个互相垂直的电场作用时，光点在屏幕上的合成运动轨迹就描绘出了被测信号电压随时间变化的曲线，即 $u-t$ 图。

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

图形翻动的原因：李萨如图形是由两个相互垂直的谐振动合成的。图形稳定的条件是两个信号的频率比必须是精确的有理数，即 $\frac{f_y}{f_x} = \frac{m}{n}$ 。如果在实验中， f_y 和 f_x 的比值不是严格

的整数比，或者两个信号之间存在不固定的相位差变化，合成后的图形轨迹就不会闭合或重合，导致图形在屏幕上不断变化，看起来就像在“翻动”或旋转。

影响翻动快慢的因素：翻动的速度主要受两个信号频率之差的影响。

- 设两个信号的实际频率分别为 f_x 和 f_y 。如果它们非常接近满足 $mf_x = nf_y$ ，但存在一个微小的频差 Δf ，那么相位差 $\Delta\varphi$ 会随时间线性变化。
- 频差 Δf 越小（即两个频率越接近整数比），相位差变化越慢，图形翻动得越慢。
- 频差 Δf 越大，图形翻动得越快。

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

波形移动的原因及调整方法：如果波形在水平方向上不断向左或向右移动，说明扫描信号没有被正确触发。

- 原因：触发电平（Level）设置不当，或者触发源（Source）选择错误，导致示波器无法在信号的固定相位点启动扫描，每次扫描的起点随机，视觉上波形就会漂移。
- 调整方法：
 1. 调节触发电平（TRIGGER LEVEL）旋钮：将触发电平调整到被测信号的有效幅度范围内，使示波器能捕捉到触发点。通常旋钮旁会有指示灯，调至触发灯亮起（Trig'd）即可让波形稳定。
 2. 检查触发源（SOURCE）：确保触发源选择正确（例如观察 CH1 信号时，触发源应选 CH1）。
 3. 检查触发模式（MODE）：对于一般周期信号，通常选择“AUTO”或“NORM”模式。
- 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。