

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称: 示波器的使用

实验桌号: 8

指导教师: 王鲲老师

班级: -

姓名: -

学号: -

实验日期: 2025 年 12 月 15 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、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。)

5.3. 用比较法验证  $f_y = n f_x$ .

波形个数 $n$	1	2	3	4	5
测量 $f_y$ (Hz)	200.4	400.6	601.0	802.3	1001.0
计算 $f_x$ (Hz)					

5.4. 李萨如图形.

$f_y = f_x$ .	$1=1$	$1=2$	$1=3$	$2=1$	$2=3$
图形					
垂直交点数 $N_y$	2	4	6	2	6
水平交点数 $N_x$	2	2	2	4	4
$f_x$ (Hz)	50.030	100.262	150.225	25.020	75.000
$f_y$ (Hz)					

5.5. 二极管导通电压

光标法	直读法 ( $D_1 = 1V$ , $D_2 = 0.5V$ )
$U_{1P-P}$	4.80V
$U_{2P}$	1.56V

5.6. RC 电路相位差.

光标法	直读法	时基: 0.1ms	12/15
$t$ 0.120 ms	X	1.2格	
T 0.496 ms	X	5 格	

图 1: original data

### 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。）

**实验一：用比较法验证  $f_y = n \times f_x$**

表 1: 用比较法验证  $f_y = n \times f_x$

波形个数 $n$	信号频率 $f_y/Hz$	测得的扫描频率 $f_x/Hz$
1	200.4	200.4
2	400.6	200.3
3	601.0	200.3
4	802.3	200.6
5	1001.0	200.2

$$\bar{f}_x = \frac{\sum_{i=1}^5 f_{xi}}{5} = 200.36 Hz$$

$$\text{相对误差为: } E = \frac{|\bar{f}_x - f_{x0}|}{f_{x0}} \times 100\% = \frac{|200.36 - 200|}{200} = 0.18\%$$

**实验二：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交流 50Hz 的电压，作为  $f_y$

表 2: 用李萨如图形测量未知信号的频率

频率比 $f_y : f_x$	1:1	1:2	1:3	2:1	2:3
图形	见下图 2	见下图 3	见下图 4	见下图 5	见下图 6
垂直交点数 $N_y$	2	4	6	2	6
水平交点数 $N_x$	2	2	2	4	4
$f_x(Hz)$	50.030	100.262	150.225	25.020	75.000
$f_y(Hz)$	50.030	50.131	50.075	50.040	50.000



图 2: 1:1



图 3: 1:2

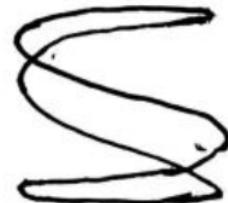


图 4: 1:3



图 5: 2:1

图 6: 2:3

$$\bar{f}_y = \frac{\sum_{i=1}^5 f_{yi}}{5} = 50.055 Hz$$

$$\text{相对误差为: } E = \frac{|\bar{f}_y - f_{y0}|}{f_{y0}} \times 100\% = \frac{|50.055 Hz - 50.000 Hz|}{50.000 Hz} = 0.11\%$$

**实验三：二极管正向导通电压的测量**  
分别使用光标法和直读法进行测量

表 3: 二极管正向导通电压的测量

	光标法	直读法格数	直读法电压大小
输入电压的峰-峰值 $U_{1p-p}$	4.80V	4.8 格	4.80V
输出半波电压的峰值 $U_{2p}$	1.56V	3.2 格	1.60V
正向导通电压 $U_{\text{导通}}$	0.84V	-	0.80V

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

**实验四：RC 电路输入输出波形相位差的测量**  
实验参数:  $R=750 \Omega$ ,  $C=0.47 \mu F$ , 输入信号频率 = 2KHz

表 4: RC 电路相位差测量

光标法		直读法	
波形时间差 $\Delta t$	0.120ms	波形时间差 $\Delta t$	0.120ms
周期 $T$	0.496ms	周期 $T$	0.500ms

根据光标法的测量结果, 相位差

$$\Delta\phi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = \frac{0.120ms}{0.496ms} \times 360^\circ \approx 87.1^\circ$$

## 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。)  
本次实验的相对误差在实验数据处理部分已经计算完毕, 因此本部分直接进行实验误差分析。

1. 由于波形存在宽度，因此实验时在测量  $u$  以及  $t$  的过程中，图形移动到的位置是靠肉眼估计的，光标的位置也需要估计（完全相切以及波峰波谷的位置难以判断），人眼在读取波形时的误差也会对测量得到的  $t$  以及电压  $U$  产生影响。

2. 在用李萨如图形测量未知信号的频率实验中，由于我们信号发生器的精度只到小数点后三位，精度有限，很难通过调节  $f_x$  来使李萨如图形保持稳定；同时在实验中我发现，信号发生器发出的频率似乎并不稳定，在调节到稳定状态后数秒图形又会继续开始翻转。

3. 根据第四个实验的测量结果我们可以发现，我们设置的频率值与实际实验中测得的频率值还是存在一定偏差的，这说明了信号发生器实际输出频率与设定值存在一定的误差，这会在各个实验中引入误差。

### 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。）

在本次示波器应用实验中，我成功实现了对多种信号参数的测量。首先通过比较法验证了示波器时基的精度，测得平均扫描频率  $\bar{f}_x = 200.36 Hz$ ，相对误差  $E = 0.18\%$ ；李萨如图形法成功测得未知信号频率  $\bar{f}_y = 50.055 Hz$ ，相对误差  $E = 0.11\%$ ，验证了该方法的准确性；在二极管实验中，我测得正向导通电压  $U_{\text{导通}} = 0.84 V$ ；而在 RC 电路实验中责编测得输入输出相位差  $\Delta\phi \approx 87.1^\circ$ 。实验过程中，波形对齐和李萨如图形稳定性的调节是实验的难点，测量结果的精度受限于人眼估读误差和时基精度，是主要的误差来源。

## 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。）

**思考题一：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？**

示波器由四个基本部分组成：示波管（阴极射线管）、放大器（X 轴和 Y 轴）、扫描与触发同步系统，以及电源。

1. **示波管：**包含电子枪、偏转系统和荧光屏。电子枪产生并加速电子束；偏转系统接收放大后的电压信号，控制电子束水平（X）和垂直（Y）方向的偏转；荧光屏接收电子束撞击并发光显示波形。
2. **放大器：**包括 Y 轴放大器（垂直）和 X 轴放大器（水平）。Y 放大器将待测信号电压放大后加到 Y 偏转板；X 放大器放大扫描电压。
3. **扫描与触发同步系统：**产生锯齿波扫描电压，使光点在 X 轴方向匀速运动，并保证每次扫描的起始时刻与被测信号的某一特定点（触发电平）同步，是显示稳定波形的关键。
4. **电源：**提供示波器正常工作所需的的各种高低电压。

显示波形的原理是：

1. 电子枪产生并聚焦电子束。
2. 待测信号经过 Y 轴放大后加到示波管的 Y 轴垂直偏转板，使电子束垂直偏转，位移  $y \propto U_{\text{测}}(t)$ 。
3. 扫描与触发同步系统产生锯齿波扫描电压，加到 X 轴水平偏转板，使电子束水平方向匀速移动，位移  $x \propto t$ 。
4. 最终，电子束在屏幕上留下的光点轨迹  $(x, y)$  便反映了  $y \propto U_{\text{测}}(t)$  随时间  $t$  变化的波形图。

**思考题二：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？**

李萨如图形是相互垂直的两个简谐振动的合成，其稳定显示的条件是两个信号的频率成严格的整数比（或有理数比）且相位差恒定。李萨如图形不断来回翻动，是由于两个信号的频率并非严格的整数比，导致它们的相位差在不断地缓慢变化。

图形翻动（或漂移）的快慢取决于两个信号的频率差  $\Delta f = |pf_x - qf_y|$ （其中  $p, q$  为两个整数）。频率差越大，相位差变化越快，图形翻动的速度也就越快。通过微调信号发生器输出频率  $f_x$ ，使得频率比接近精确的有理数比，可以使图形的翻动（相位差的变化）变慢甚至静止。

**思考题三：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？**

同步概念是保证每次扫描都从被测信号波形的同一点开始（即相同的相位、相同的电平），从而使不同时刻的波形在屏幕上完全重叠，显示出一条稳定的波形。

若发生波形左移或右移而无法稳定，说明扫描触发点没有被固定，即未同步。应通过调节 TRIGGER LEVEL（触发电平）旋钮来解决不同步问题。具体的调节方法是：用 TRIG LEVEL 旋钮将触发电平设置在被测信号电压幅值范围以内（通常在波形的上升沿或下降沿上），使得每次扫描都从信号电压的同一电平点启动。这样每次捕捉到的波形相位都相同，波形就能在屏幕上静止稳定显示。

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