

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

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。

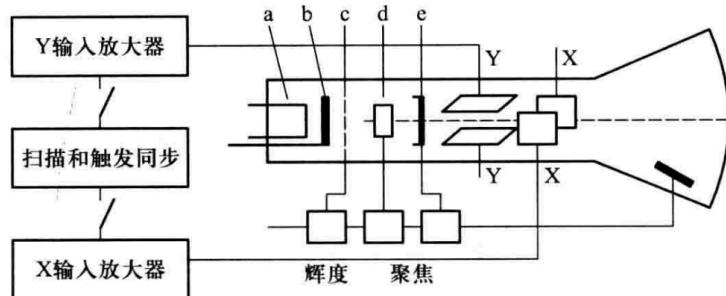


Figure 1: 示波器工作原理示意图

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。

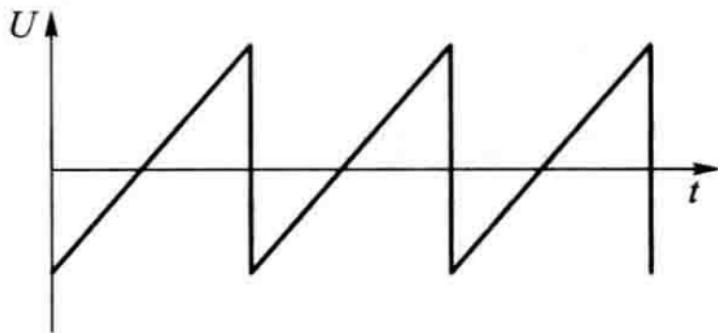


Figure 2: 波形扫描原理示意图

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	李宇信	单号 10	12.8
1. $f_y = n f_x$			
周期个数 n	1	2	3
f_y/Hz	203.0	404.8	607.4
f_x/Hz	203.00	202.40	201.58
		201.60	201.40
2. 频率比 $f_y : f_x$			
图形	○	⊗	⊗
	8	∞	⊗
垂直支数	2	4	6
水平支数	2	2	4
f_x/Hz	50.030	25.015	150.309
f_y/Hz	50.030	49.977	50.107
		50.042	49.970
3. $U_{1pp} = 5.04V$			
$U_{pp} = 1.84V$	77.6mV		
4. $T = 0.504 ms$			
	$t_1 = 0.100 ms$		
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 $f_{x0} \approx 200$ 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 $U_{1P-P} = 5.04V$

- 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 $T = 0.504 ms$
- 峰值时间差 $t_1 = 0.100 ms$

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 $f_y = nf_x$ 时计算出的 f_x 与预设值有偏差。
4. **相位差测量：**由于 Δt 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 Δf ，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。