

# 9 实验 E-7 阴极射线示波器

姓名: 林继坤 学号: 2250758 成绩: 100 合作者: \_\_\_\_\_

指导教师: \_\_\_\_\_ 实验编号: 周三第1-2节B组15号

## 一、实验目的

1. 了解示波器结构及示波原理。
2. 掌握示波器调节方法,学会用示波器测定信号幅度与周期。
3. 掌握信号发生器使用方法。
4. 用示波器观测不同频率比下李萨如图形特征。

## 二、实验原理知识准备与预习自测

### 1. 示波器的基本结构

电子示波器(简称示波器)能够显示被测信号的 波形,并可测量 电压、频率、相位等电信号参数,是一种实验室常用的电子观测仪器。示波器种类繁多,按其成像方式可分为 模拟式 和 数字式 两种类型。

普通示波器主要由示波管及控制示波管工作的电路组成。示波管为玻璃制的

电子管,其内部主要包括 电子枪、偏转系统 和 荧光屏 三部分。

控制屏幕上亮点的明暗程度,应操作示波器面板上的 辉度调节 旋钮,改变 栅极 上电势的大小来实现。亮点的汇聚程度,应操作 聚焦调节 旋钮,改变 第一阳极 电势的大小来实现。

$X_1 X_2$ 、 $Y_1 Y_2$  为两对相互垂直的极板。其中  $X_1 X_2$  为水平方向极板, $Y_1 Y_2$  为垂直方向极板。两对极板均无电压时,光点应位于 荧光屏的中央。如果  $X_1 X_2$  加上某一直流电压,则电子束 向左 (向左,向右) 偏转,屏上光点 向左 (向左,向右) 移动。如果  $Y_1 Y_2$  加上某一直流电压,则电子束 向上 (向上,向下) 偏转,屏上光点 向上 (向上,向下) 移动。光点移动的距离与极板所加的电压成 正比 (正比,反比)。

## 2. 示波原理

示波器上所观察到的波形是示波管内电子束运动的合成轨迹，随各偏转板上所加电压变化而变化。若 X 偏转板上所加信号为扫描电路所发出的 锯齿波 电压，Y 偏转板上所加信号为正弦波电压，请在图 9-1 中荧光屏内画出电子束运动轨迹。

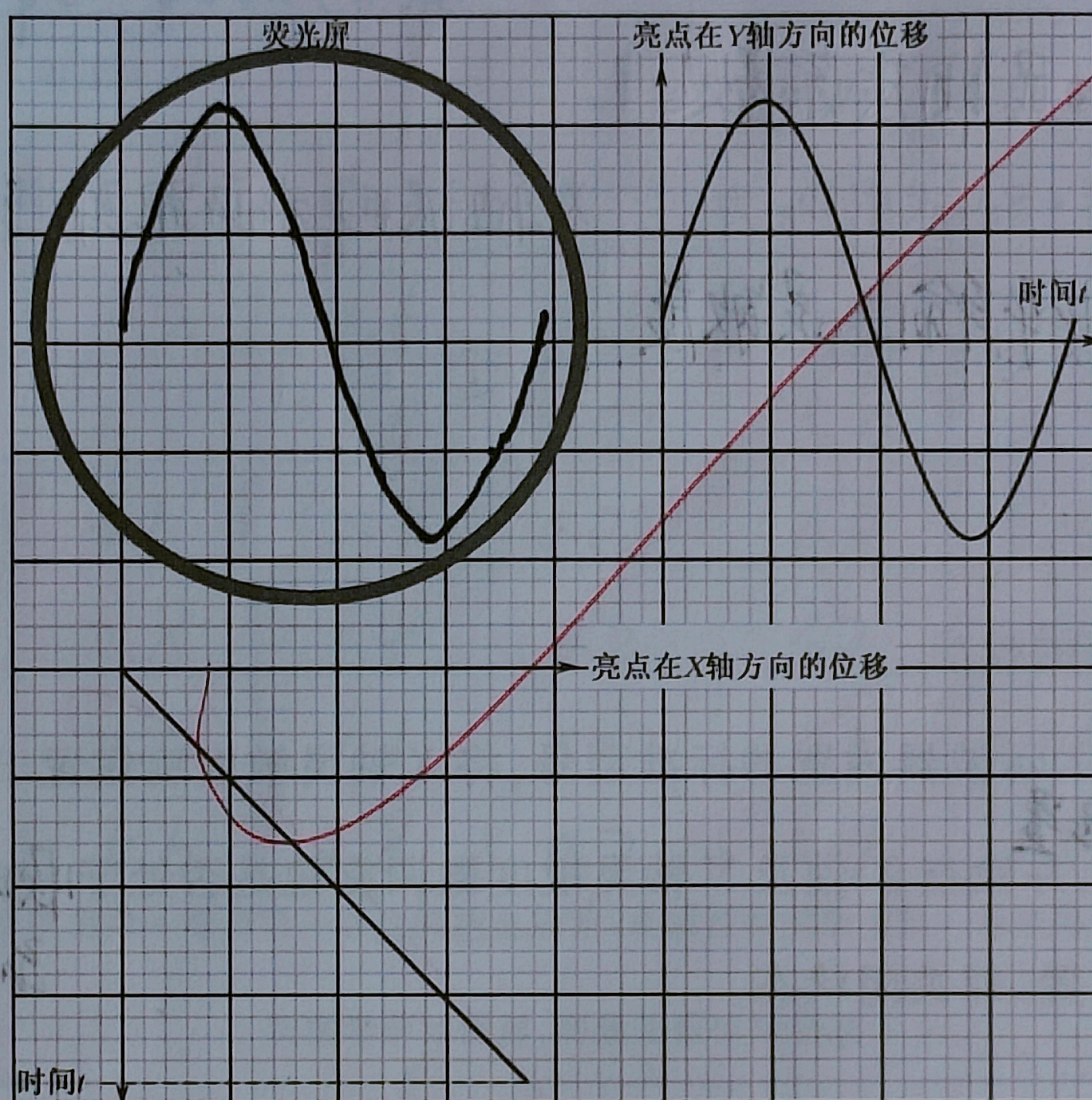


图 9-1 示波原理

## 3. X-Y 方式(李萨如图形)

如果示波器的 X 轴和 Y 轴输入是频率相同或成整数比的两个正弦电压，则屏上将呈现特殊形状的光点的轨迹，这种轨迹称为 李萨如图形，它们是两个互相垂直的简谐振动能合的结果。图形的水平方向与垂直方向切点数与信号频率比值关系为  $n_x/n_y = f_y/f_x$ 。请在以下所示李萨如图形下的括号内填入输入 X 轴信号与 Y 轴信号的频率比值。

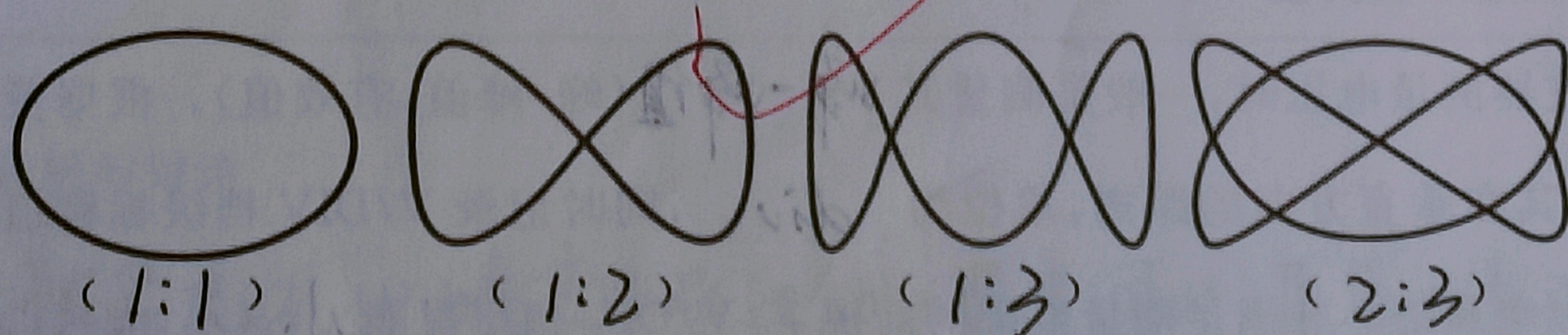


图 9-2 李萨如图形

#### 4. 测量原理

示波器在使用前应使用标准信号进行校准。校准信号一般为 方波 信号。

交流电压测量:  $U_{p-p} = D_Y \cdot S_Y$ , 式中  $D_Y$  为 波形的峰-峰值 ;  $S_Y$  为 示波器的垂直输入灵敏度 。

时间测量  $t = D_X \cdot S_X$ , 式中  $D_X$  为 X 轴波峰间的水平距离 ;  $S_X$  为 示波器的水平输入灵敏度 。

### 三、实验步骤

#### 1. 示波器使用前的校准

利用标准探头接入示波器内置的标准型号。将 X 轴灵敏度旋钮置于 2ms 位置 , Y 轴灵敏度置于 0.2V/div 位置 。并检查 X 轴及 Y 轴灵敏度微调旋钮是否处于 顺时针 (顺时针到底, 中间, 逆时针到底) 位置, 即关闭状态。

#### 2. 观察波形

打开示波器电源, 调节 ~~辉度调节~~ 及 ~~聚焦调节~~ 旋钮, 使屏幕上的光点显示清晰, 亮度适中。把待测信号接到 Y 轴, 选择 Y 轴输入方式为 AC 。调节 Y 轴灵敏度旋钮(或 Y 轴衰减), 使信号在屏内大小适中。选择扫描方式为 自动 。为了观察到稳定的波形, 需要调节 ~~扫描频率~~ 旋钮, 使输入信号与 ~~扫描信号~~ 同步。设置简易信号发生器输出信号档位, 依次观测全波整流、半波整流、正弦波、三角波、方波和衰减振荡波形。

#### 3. 交流电压的测量

用示波器测量电压时, 一般是测量其 峰-峰值 (峰-峰值, 有效值)。根据荧光屏的刻度尺, 读出其在垂直方向的距离, 单位为 div , 同时记录 V/DIV 档级标称值。二者乘积即为待测电压值。在满足测量范围的前提下, V/DIV 值尽可能 小 (小, 大), 以提高测量精度。

#### 4. 时间测量

根据荧光屏的刻度尺, 读出待测信号时间间隔的两点在水平方向的距离, 单位为

div, 同时记录  $t/DIV$  档级标称值, 两者乘积即为待测时间值。同样在满足测量范围的前提下,  $t/DIV$  值尽可能 小 (小, 大), 以提高测量精度。

### 5. 改变频率比, 观测李萨如图形

观测李萨如图形时, 示波器的 X 轴输入选择应置于 “X·EXT”。

教师签名:

石平  
2024.11.2

## 四、实验仪器

主要实验仪器名称	规格型号
OSCILLOSCOPE	ST16A 10MHz
Function/Arbitrary Waveform Generator	UTG1025B 25MHz 125MSa/s
FUNCTION GENERATOR	SG1001

## 五、注意事项(在开始实验操作前请仔细阅读以下说明)

1. 示波器属精密电子仪器, 调节旋钮时要轻要慢, 尤其在灵敏度调节旋钮切换时, 切忌调节过快, 否则容易引起旋钮的错位与损坏。
2. 示波器若长期未用, 在使用前必须进行校准。
3. 示波管管脚处有高压, 未经教师允许请勿擅自打开示波器外壳, 以免造成人身伤害。
4. 测量时请将灵敏度微调旋钮关闭, 即微调旋钮调至顺时针到底处。

## 六、实验现象观察与数据记录

待测信号波形	由后峰-峰值			周期			频率 $f_y/kHz$
	V/DIV	DIV	Up-P/V	ms/DIV	DIV	$T_y/ms$	
M	0.5	3.2	1.6	0.1	4.3	0.43	2.3
N	0.5	3.1	1.6	0.02	5.0	0.10	10
III	0.5	4.6	2.3	0.05	6.0	0.30	3.3
~	0.5	2.8	1.4	0.2	3.2	0.64	1.6
~	0.5	2.2	1.1	0.02	3.1	0.062	16
□	0.5	5.6	2.8	0.2	2.9	0.58	1.7

李萨如图形	$f_x/kHz$	$n_x$	$n_y$	$f_y = \frac{n_x}{n_y} f_x / kHz$	$\bar{f}_y$
O	16.5922	1	1	16.5922	
8	33.1836	1	2	16.5918	
○	24.8870	2	3	16.5913	16.5918
○	22.1223	3	4	16.5917	

教师签名:

邵伟 2022.11.2

原始数据记录必须用圆珠笔或钢笔书写;经教师签名才有效。

## 七、实验数据处理

表 9-1

观察与测量电压波形

待测信号 波形	电压峰-峰值			周期			频率 $f_y/kHz$
	V/DIV	DIV	$U_{P-P}/V$	ms/DIV	DIV	$T_y/ms$	
M	0.5	3.2	1.6	0.1	4.3	0.43	2.3
W	0.5	3.1	1.6	0.02	5.0	0.10	10
III	0.5	4.6	2.3	0.05	6.0	0.30	3.3
~	0.5	2.8	1.4	0.2	3.2	0.64	1.6
~	0.5	2.2	1.1	0.02	5.1	0.062	16
~	0.5	5.6	2.8	0.2	2.9	0.58	1.7

注 规定衰减波的峰-峰值为第一峰与第一谷之间的电压差,衰减波的周期为第一峰至第二峰之间的时间。

表 9-2

观察李萨如图形, 测量正弦信号频率

李萨如图形	$f_x/kHz$	$n_x$	$n_y$	$f_y = \frac{n_x}{n_y} f_x/kHz$
O	16.5922	1	1	16.5922
8	33.1836	1	2	16.5918
88	24.8870	2	3	16.5913
888	22.1223	3	4	16.5917
				$f_y = 16.5918$

## 八、实验分析与讨论

- ①如果示波器良好,但由于某些旋钮的位置未调好,屏幕上看不到亮点,试问如何调整?适当调节幅度旋钮并适当调节竖直位移及水平位移旋钮
- ②减小误差的方法:使用示波器进行测量时尽量让一个周期波形略小于屏幕方便更加精确地读取数据,减小误差。同时尽可能精确地调整周期的值,以54到稳定的波形图,便于读数,减小误差。
- ③误差来源:a. 示波器上显示的黄光线较粗,读数时黄光间隔度不准,使电压值不准  
周期时内眼调节两黄光间隔度不准,导致周期不准 c. 机器存在系统误差

## 九、思考题

1. 示波器能否观测非周期性信号？请用同步原理说明。

答：示波器之所以能观察到稳定波形，是因为示波器扫描信号与被观测信号的频率存在整数倍的关系。同时由于视觉残留，即可观察到完整波形。非周期性信号与扫描信号频率不存在整数倍关系，故无法

2. 李萨如图形不停旋转的原因是什么？如何使李萨如图形趋于稳定？不存在整数倍关系，故无法

答：因为观察李萨如图形时，输入示波器的两个信号的频率比不是严格的整数比导致了相位差的不断改变，因而图形不停旋转。为使李萨如图形更加趋于稳定，可以调整x,y两信号输入的频率，使两信号频率比值越接近严格的整数比，得到的李萨如图形就会越稳定。

教师签名：

邵伟  
2022.11.16

### [附录] ST16B 型示波器使用说明

#### 1. 概述

ST16B 是 ST16 的改进产品，是一种便携式单踪示波器，本仪器具有 DC~10 MHz 的 Y 轴频带宽度和 10 mV/DIV~10 V/DIV 偏转因数，配以 10:1 探头偏转因数可达 100 V/DIV。本机具有量程宽、触发灵敏度高等优点，并设有触发锁定功能，操作方便。

#### 2. 技术指标

##### (1) 垂直偏转系统

项 目	技术指标
偏转因数	10 mV/DIV~10 V/DIV ±5%
微调比	≥2.5:1
频带宽度(-3dB)	DC~0~10 MHz AC:10 Hz~10 MHz
上升时间	≤35ns
输入阻抗	1 MΩ 30 pF
最大输入电压	400 V <sub>pk</sub>

## (2) 水平偏转系统

项 目	技术指标
扫描时间因素	0.1 $\mu$ s/DIV~0.1s/DIV $\pm 5\%$
微调比	$\geq 2.5 : 1$
触发灵敏度	内: 1.5 DIV 外: 0.3 V
外触发输入阻抗	1 M $\Omega$ 20 pF
外触发最大输入电压	400 V <sub>pk</sub>
触发源选择	内、外、电源
触发方式	常态、自动、电视、锁定

## (3) X-Y 方式

偏转因数为 0.2 V/DIV~0.5 V/DIV。频带宽度(-3 dB)为, DC: 0~500 kHz, AC: 10 Hz~500 kHz。

## (4) 校准信号

项 目	技术指标
波形	方波
幅度	0.5 V $\pm 2\%$
频率	1 kHz $\pm 2\%$

## (5) 物理特性

项 目	技术指标
有效工作面	8 DIV $\times$ 10 DIV 1 DIV = 6 mm
电源	AC, 220 V $\pm 10\%$ 50 Hz
最大功耗	25 W
重量	3 kg
外形尺寸	190 mm $\times$ 140 mm $\times$ 270 mm (高 $\times$ 宽 $\times$ 深)