

一、预习报告

1. 实验综述

实验原理: (1)、示波器能将振荡信号以波形显示在荧光屏上。在两块 X 或 Y 偏转板间加上电压时, 受电场力的作用电子束发生偏转, 使荧光屏的亮点发生偏移, 偏移程度与偏转板之间的电压成正比。(2)、扫描原理: 在 X 通道上加有周期性线性变化的扫描电压, 则光点在水平方向展开。而当扫描电压周期是 Y 轴电压周期整数倍时, 荧光屏上为清晰稳定的波形。(3)、李萨如图形: 当相位差恒定, 两者的振动频率是质数比时, 可以获得一个稳定的李萨如图,

$$\text{可作于测量频率: } \frac{f_y}{f_x} = \frac{T_x}{T_y} = \frac{N_x}{N_y}$$

实验方法: 一、电压 V_{p-p} 测量: (1)、直读法 $V_{p-p} = D \times h$ (D 偏转灵敏度, h 波形的高度, 即格数) (2)、光标法 二、周期 T 与频率 f 的测量: (1)、直读法 $T_x = Q \times x$ (Q 时基因素, x 一个周期信号占有的格数) (2)、光标法 三、用比较法验证: $f_y = n f_x$ 四、用李萨如图测量未知信号的频率 五、二极管的导通电压测量 $U_{\text{导通}} = \frac{1}{2} U_{1p-p} - U_{2p}$ 六: RC 电路的相位测量

$$\text{光标法: } \Delta\phi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ \quad \text{直读法: } \Delta\phi = \frac{\Delta x}{x} \times 360^\circ,$$

实验现象: 通过调节不同的偏转电压可以观察到荧光屏上图像的变化

2. 实验重点

- (1) 了解示波器的工作原理, 学会运用示波器测量电压, 未知信号的频率
- (2) 熟悉示波器的使用方法, 了解其基本结构和操作方式, 学会调节李萨如图形等
- (3) 正确调节示波器去测量电压、频率, 准确地记录实验数据并分析电压、相位、频率

3. 实验难点

- (1) 示波器操作按键多, 结构复杂, 应熟悉其操作方式
- (2) 实验环境可能存在各种电磁波干扰而对信号测量产生误差
- (3) 计算信号电压、频率时, 误差来源可能性多样, 准确评估误差影响较为困难

二、原始数据



浙江大學
ZHEJIANG UNIVERSITY

1. 比較法验证: $f_y = f_x \cdot n$

波形个数n	1	2	3	4	5
f_y (Hz)	201.300	401.960	602.080	803.200	1007.000
f_x (Hz)	201.300	200.980	200.693	201.550	201.400

2. 李萨如图形法测未知信号源频率

频率比 $f_y : f_x$	1:3	1:2	2:3	1:1	3:2	2:1
图形	8	8	8	○	8	8
垂直交点数	6	4	6	2	4	2
水平交点数	2	2	4	2	6	4
读出 f_x (Hz)	150.200	99.995	75.002	49.980	33.338	25.020
计算 f_y (Hz)	50.067	49.998	50.000	49.980	49.977	50.040

3. 二极管导通电压测量

$$U_{1P-P} = 20.80V \quad U_{2P} = 9.80V$$

$$\therefore U_{\text{导通}} = \frac{1}{2} U_{1P-P} - U_{2P} = 0.60V.$$

4. RC 电路的相位差测量

$$\Delta t = 0.184 \text{ ms} \quad T = 1.016 \text{ ms}$$

$$\Delta \phi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = 65.197^\circ$$

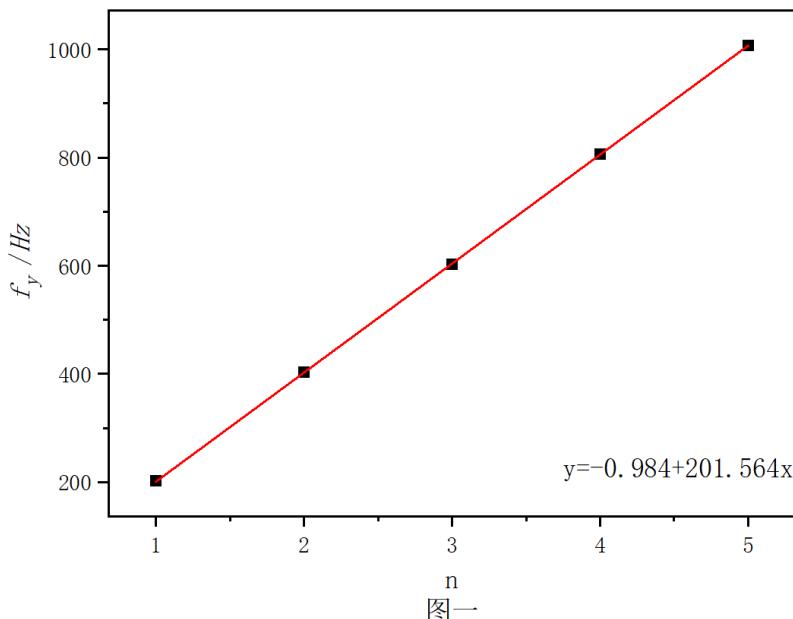
三、结果与分析

1. 数据处理与结果

(1)、根据波形个数 n 、Y 信号频率和 X 信号频率的关系表(表一)，可以作出 f_y 与 n 的拟合曲线(图一)。根据图像可知 f_y 与 n 成线性关系且斜率为 201.564，在误差范围内近似于 $f_x=200\text{Hz}$ 。由此可验证 $f_y=nf_x$ 。

波形个数 n	1	2	3	4	5
$f_y(\text{Hz})$	201.300	401.960	602.080	806.200	1007.000
$f_x(\text{Hz})$	201.300	200.980	200.693	201.550	201.400

表一



图一

(2)、用李萨如图形测量信号频率 ($f_y=50\text{ Hz}$) (每种频率比下图形见原始数据记录)

频率比 $f_y: f_x$	1: 3	1: 2	2: 3	1: 1	3: 2	2: 1
垂直交点数	6	4	6	2	4	2
水平交点数	2	2	4	2	6	4
$f_x(\text{Hz})$	150.200	99.995	75.002	49.980	33.318	25.020
$f_y(\text{Hz})$	50.067	49.998	50.000	49.980	49.977	50.040

由于 $f_y=50\text{ Hz}$ ，因此可以根据读出的 f_x 根据比值关系算出真实的 f_y 的值。

(3)、二极管导通电压的测量：通过光标法可以测得输入信号峰值为 $U_{1\text{p-p}}=20.80\text{ V}$ ，输出信号峰值为 $U_{2\text{p}}=9.80\text{ V}$ 。因此正向导通电压为 $U_{\text{导通}}=\frac{1}{2}U_{1\text{p-p}}-U_{2\text{p}}=0.60\text{ V}$

(4)、RC 电路的相位差测量：利用光标法测得输入和输出波形峰值时间差最小值为 $\Delta t=0.184\text{ms}$ ，输入信号的一个周期为 $T=1.016\text{ ms}$ 。因此相位差 $\Delta\phi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = 65,197^\circ$

2. 误差分析

(1)、对实验一进行误差分析结果如下：平均 X 信号频率： $\bar{f}_x = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 f_{xi} \approx 201.185\text{ Hz}$

相对误差 $E = \frac{|\bar{f}_x - f_x|}{f_x} \times 100\% = 0.592\%$ ，A 类标准不确定度： $u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{x})^2} = 0.154$

Hz，因此 $f_x = \bar{f}_x \pm u_A = (201.185 \pm 0.154)\text{Hz}$

(2)、对实验二进行误差分析如下：计算的平均 Y 信号频率： $\bar{f}_y = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 f_{yi} \approx 50.010\text{Hz}$

相对误差 $E = \frac{|\bar{f}_y - f_y|}{f_y} \times 100\% = 0.020\%$ ，A 类标准不确定度： $u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^6 (y_i - \bar{y})^2} = 0.014\text{Hz}$

因此 $f_y = \bar{f}_y \pm u_A = (50.010 \pm 0.014)\text{Hz}$

误差原因分析：

(1)、信号发生器的输出信号大小没有完全与设定值相同，存在一定的波动的范围，因此测量时存在误差

(2)、波形图线条自身存在一定的宽度，在调节位置和显示的波形个数时，实验者肉眼观察由此存在偏差，调节的频率值也因此在一定范围内

(3)、调整李萨如图形时，由于图形始终处于动态变化状态，因此对图形稳定或变化缓慢的状态存在人为观察上的误差

(4)、使用光标法测量 U 或者 t 时对波峰、波谷等位置的调整存在一定的系统误差

(5)、实验过程中仪器温度会有上升，这对电子元件的精密度也存在影响，从而使得测量值处于变化中

3. 实验探讨

本次实验对示波器的使用有了更深入的学习和了解。在调节示波器输入频率时可以观察到波形的变化，李萨如图形的变化等。同时在二极管导通电压的测量时，初次由于电压过小而观察到只有一个波存在，也让我对输入电压的影响有了更深刻的认识。

四、思考题

1、示波器的工作原理，CRT 的工作原理

答：示波器阴极加热到一定温度时会发出电子，电子经电极加速而高速地射向荧光屏，呈现出一个亮点。在电子束路径上加上水平偏转电压和垂直偏转电压，使得电子束在水平和竖直方向上发生偏移。当电压随时间变化而周期性规律变化时，电子束会在荧光屏上连续地形成亮点，由于荧光物质的余辉特性，人眼即可观察到荧光屏上规律性的图形变化。

2、何谓“直读法”“光标法”测量电压和周期？

答：(1)、直读法：通过调整示波器波形图稳定后，根据垂直刻度和垂直灵敏度，直接读取波形相对参考线的高度，通过 $V_p-p=D \times h$ 即可算出电压值。设置合适水平扫描速度使波形完整显示，数出一个周期占的格数，通过 $T_x=Q \times x$ 即可算出周期。

(2)、光标法：利用示波器光标功能，调整两条光标线的位置，通过水平光标即可读出之间的电压值，通过垂直电压即可读出之间的周期值。

3、示波器扫描信号的特征？

答：扫描信号具有周期性变化的特征，使示波器对输入信号进行周期性的扫描从而在屏幕上显示出稳定的波形。同时，在一个扫描周期内，扫描信号的电压随时间呈线性变化。这使得示波器的电子束能够在水平方向上以均匀的速度移动，从而将输入信号在时间轴上进行均匀展开。

4、示波器呈现稳定波形的机理？触发同步的理解

答：由于扫描电压与输入信号的周期性成整数倍关系，电子束在荧光屏上描绘出的波形重合，从而呈现出稳定的波形。触发同步就是扫描信号与输入的被测信号两者时间对应关系使得屏幕上显示的波形能稳定地重复出现。

5、有哪些方法可以检验示波器扫描时基的准确度？

答：(1)、标准信号源法：将已知频率的标准信号源产生精确的周期性信号，输入到示波器中，通过示波器测量该信号的周期或频率，并与标准信号源的实际值进行对比，从而判断示波器扫描时基的准确度。(2)、多通道比较法：示波器的多个通道，同时输入不同的信号，其中一个通道输入已知周期的参考信号，比较不同通道信号之间的时间关系，来检验扫描时基的准确性。

6、何谓李萨如图，什么情况下示波器可以观察到稳定的李萨如图？

答：李萨如图：示波器的 X 轴和 Y 轴上分别输入两个频率成整数比的正弦信号时，电子束在荧光屏上所描绘出的图形。输入的频率关系必须满足 $f_y: f_x = n$ (n 为整数)，同时相位差也要保持稳定。

7、李萨如图测量未知信号频率的原理

答：当示波器的 X 轴和 Y 轴分别输入两个正弦信号时，这两个信号的振动会合成李萨如图形。稳定的李萨如图形存在关系： $\frac{f_x}{f_y} = \frac{n_y}{n_x}$ ，因此在确定 f_y 时可以数出李萨如图形的水平和竖直切点个数，通过比值关系计算得出未知信号频率 f_x