

浙 江 大 学

物 理 实 验 报 告

实验名称：示波器的应用

指导教师：邱东江

信箱号：55

专 业：自动化控制

班 级：控制1901

姓 名：孟世元

学 号：3190104700

实验日期：10月15日 星期四上午/下午



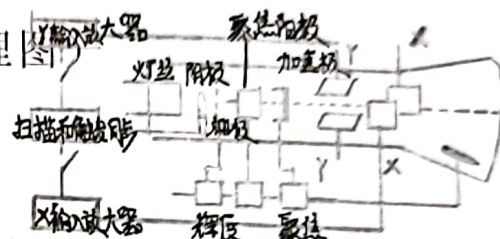
【实验目的】

1. 从物理学角度了解示波器的结构和工作原理
2. 熟悉示波器面板各旋钮的功能, 进而掌握示波器的调节和使用方法
3. 学习使用示波器观察信号波形, 并测量其幅度大小、周期以及相位差
4. 掌握用李萨如图形测量正弦波信号频率的原理和方法
5. 学习示波器在进行一些应用性电路的测量中的使用方法

【实验原理】 (电学、光学画出原理图)

1. 示波管工作原理

示波器能将振荡信号以波形显示在荧光屏上。它由示波器、波放大器(包括X和Y放大)、扫描与触发同步系统和电源四个基本部分组成。示波管包括密封在高真空玻璃壳内的电子枪、偏转系统和荧光屏三部分。套在外面的阴极受热发出电子, 在电场下高速射向荧光屏。电子轰击荧光物质发出亮点。当偏转板上加电压时, 荧光屏上亮点位移, 位移与电压成正比。



2. 波形扫描原理

示波器工作时, 需要在X轴偏转板上加一个周期性锯齿波形的电压, 称为扫描电压。扫描电压均匀增大, 光点将沿X轴方向从左到右作匀速移动。当扫描电压达到最大时, 亮点偏转位移最大, 然后迅速返回原点。锯齿波形重复产生时, 亮点不断自左向右往复运动。在X轴上加扫描电压信号的同时, 若在Y轴上加上待测正弦变化电压 U 信号, 就可以使正弦变化电压 U 信号沿水平轴展开。当锯齿波电压信号与待测电压信号周期成整数倍时

即: $T_x = nT_y$ 波形显示稳定。当正弦波 T_y 大于锯齿波 T_x , 波形向右; T_y 小于 T_x , 波形向左

3. 李萨如图形

如果在示波器的X轴和Y轴上都输入正弦变化的电压信号, 两信号的频率 f_y 和 f_x 相同或成简单的整数比, 则电子束振动将是两个垂直谐振动的合振动, 这种合成图形称为李萨如图形。理论推导李萨如图形满足以下关系 $f_y : f_x = N_x : N_y$, $f_y \cdot f_x$ 为Y方向与X方向信号频率, $N_y \cdot N_x$ 分别为Y方向与X方向一条直线与李萨如图形相交的最多交点个数, 或相切最少切点个数。若 f_y 与 f_x 之比越接近整数比关系, 则李萨如图形翻转速度越慢, 即越稳定。反之, 则李萨如图形翻转速度越快, 即越不稳定。



【实验内

1. 电压的测

(1) 直接测

(2) 光标测

2. 频率或周

3. 用比较法

调节时基

周期波并

4. 用李萨如图

(1) 从信号

(2) 从信号

(3) 示波器

5. 二极管正向导通电压测量

将信号发生器输出端接到电路的输入端，

同时将示波器的CH1接电路输入端，而CH2

接到电路的输出端，示波器操作步骤如下

1) 示波器置于“A”状态。

2) 调节信号发生器的输出信号(如频率2kHz，

电压为5V)，测量CH1信号峰-峰值 U_{pp}

3) 测量CH2的半波信号的峰值 U_{zp} ，

($\frac{U_{pp}}{2} - U_{zp}$)为正向导通电压

(硅管理论值为0.6~0.7V)

4) 改变信号发生器输出频率为25, 50, 75, 100, 150 Hz左右，细心调节直到出现稳定图形

由 $f_y = f_x = N_x \cdot N_y$ 式计算出 f_y 频率，记录数据

5) 由测量的结果，求出最佳实验值，填写表格

测量的误差公式 $\Delta f_y = |f_y - f_y|$

6. 相位差的测量

利用双踪信号可以测量两信号之间的相

位差。将信号发生器输出端接到电路的输

入端，示波器的CH1接电路输入端，CH2接

到电路输出端，测出因电容而滞后的相位差

示波器操作如下：

1) 示波器置于“A”状态。

2) 调节信号发生器输出信号(频率2kHz，电压5V)

测量正弦波一个周期所占距离 X 值

3) 测量距离 X_1 值

4) 计算公式 $\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

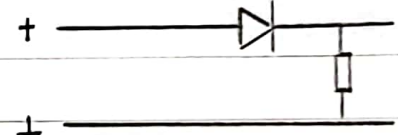
$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$

$\text{相位差} = \frac{X_1}{X} \times 360^\circ$



【实验器材及注意事项】

实验器材：SS-7804示波器，未知信号源，信号发生器，二极管，电容阻，导线若干

注意事项：1. 在使用示波器之前，应先仔细阅读使用说明书，以免损坏仪器

2. 示波器在使用时，亮度不可过高，不可使亮点长时间固定在同一位置



1. 电压的测量

公式如下: $U_{pp} = D \cdot h$

- (1) 直接测量法 即直接从示波器荧光屏上量出被测量电压高度, 然后转换为电压值
- (2) 光标测量法 按 " $\Delta U - \Delta t - OFF$ " 选 ΔU , 屏上出现上下两条光标, 将光标调至所需位置, 两光标距离即为 U_{pp} 大小

2. 频率或周期的测量 (与电压测量操作方法类似, 此处不再赘述) 公式 $T_x = Q \cdot X$

3. 用比较法验证 $f_y = n f_x$ (f_y 是信号频率而 f_x 是扫描频率)

调节时基信号使扫描频率 200 Hz。细心调节信号发生器, 使示波器全屏显示 1 个、2 个... 完整周期波形, 相应地从信号发生器上读出各种情况下 f_y 信号频率, 根据 $f_y = n f_x$ 求出相应 f_x

4. 用李萨如图形测量未知信号的频率

最后求 $\bar{f}_x = \frac{\sum f_x}{5}$ 和 $E = \frac{f_x - \bar{f}_x}{\bar{f}_x}$

- (1) 从信号发生器输出 50 Hz 标准信号, 作为被测信号输入到示波器 "CH2" 接口, 作为 Y 信号
- (2) 从信号发生器输出一频率可调节信号到示波器 "CH1" 接口, 频率从信号发生器读出, 作为 X 信号
- (3) 示波器工作于 "X-Y" 状态
- (4) 改变信号发生器输出频率为 25, 50, 75, 100, 150 Hz 左右, 细心调节直到出现稳定图形
- 由 $f_y : f_x = N_x : N_y$ 式计算出 f_y 频率, 记录数据
- (5) 由测量的结果, 求出最佳实验值, 填写表格 测量的误差公式 $\Delta f_y = |f_y - f_{y1}|$

【实验器材及注意事项】

实验器材: SS-1804 示波器, 未知信号源, 信号发生器, 二极管, 电容阻, 导线若干

注意事项: 1. 在使用示波器之前, 应先仔细阅读使用说明书, 以免损坏仪器

2. 示波器在使用时, 亮度不可过高, 不可使亮点长时间固定在同一位置



【数据处理与结果】由示波器读数

1. 电压测量 (1) 直接测量 $D = 5V/dit$ $h = 2dit$ (2) 光标测量 $U_{pp} = 10.00V$ 2. 频率或周期测量 (1) 直接测量 $\lambda = 2ms$ $x = 5$ (2) 光标测量 $T_x = 10.00ms$ 3. 根据表1, 求得 $f_x = \frac{\sum f_x}{5} = 200Hz$

$$E = \frac{|f_x - 200|}{200} \times 100\% = 0\%$$

PS: 在实验时进行本步操作时, 由于对信号发生器仪器的不熟悉, 操作频率变化每次变化了100Hz, 导致波形虽完整对应频率都为整百, 本步实验最终E为0, 而这显然是没有起到实验效果的。我在实验心得中也重掉了这个问题

$$4. \quad f_y = \frac{\sum f_y}{5} = 49.971Hz$$

$$\Delta f_y = 0.029Hz$$

$$E = \frac{\Delta f_y}{f_y} \times 100\% = 0.058\% \quad \text{偏差很小}$$

$$\text{计算不确定度} \quad U_A = \sqrt{\frac{\sum (f_y - 49.971)^2}{5 \times (5-1)}} = 0.018Hz$$

$$\therefore f_y = (49.971 \pm 0.018)Hz$$

$$5. \quad \frac{U_{1pp}}{2} - U_{2p} = (\frac{10.00}{2} - 4.36)V = 0.64V$$

由书上内容知硅管理论值0.6~0.7V, 数据较为合理

$$6. \quad \Delta \varphi = \frac{x_1}{x} \times 360^\circ = 11.52^\circ$$

$$\text{由交流电知识} \quad \tan \varphi = \frac{R}{X_C} = \frac{1}{2\pi fRC} \quad \text{由数据}$$

$$f = 100Hz \quad R = 750\Omega \quad C = 0.47\mu F \quad \tan \varphi = 4.51$$

$$\text{理论值} \varphi = 12.49^\circ$$

$$\text{偏差} E = \frac{|\varphi - \Delta \varphi|}{\varphi} \times 100\% = 2.77\% \quad \text{误差相对较小}$$



【误差分析】

1. 对李萨如图形的观察中, 由于李萨如图形的不稳定, 导致很难调到一个频率使李萨如图形稳定, 因此每次记录的数据可能都会因读数困难造成误差
2. 示波器波形可能会受杂波干扰, 这在较敏感模式尤其明显, 但是在示波器调试良好的情况下这项干扰可近乎无视
3. 个人对示波器不熟悉造成误差, 电阻、电感标定值与真实值不符造成误差

【实验心得及思考题】

思考题一

1. 示波器为什么能显示被测信号的波形?

答: 没有信号时, 亮点沿直线从左向右匀速运动, 可以被看作时间参考尺度。当有外来信号输入时, 示波器将电信号转化为极板电压信号, 使轰击荧光屏的电子出现偏转, 亮点从左向右运动时竖直尺度也在上下移动, 就显示了被测信号的波形。

2. 在观察李萨如图形时为什么总是不断地来回翻转, 翻转快慢受哪种因素^影影响?

答: 李萨如图形形状受 x, y 信号相位差影响, 当 f_y 和 f_x 之比不为整数比, 一方面 $N_x: N_y$ 也不为整数比, 说明屏幕上无法显示稳定波形; 另一方面两波形相位差不断变化, 也使得波形不断翻转; 翻转快慢受 f_y 和 f_x 之比影响, 越接近整数比^定越稳定。

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?

答: 有可能是触发源与通道不一致, 按 SOURCE 调至一致, 若还左右移则调节触发电平使之^定稳定。

实验心得一

示波器是重要且陌生的实验仪器, 在电学试验中作用巨大。这次的实验我有不少令人吐槽的操作, 一开始我没有按 SOURCE 统一触发源和通道, 导致显示的波形稳定不下来, 也让我深深意识到按照老师所讲“三步调节”的重要性。对信号发生器的使用也是, 我一开始不会细调输出频率, 只会盲目地改变频率, 导致比较法验证 $f_y = n f_x$ 一步数据全都正好等于理论预期, ^{实验效果} 相差无几。这些经

验, 启示我要好好掌握仪器操作, 才能有较理想效果








【数据记录及草表】

表1 - 验证 $f_y = n f_x$ 数据表

波形个数	1	2	3	4	5
f_y / Hz	200	400	600	800	1000
f_x / Hz	200	200	200	200	200

表2 - 李萨如图测量未知信号频率

频率比 $f_y : f_x$	图形	垂直交点数	水平交点数	f_x / Hz	f_y / Hz
1:1		2	2	49.980	49.980
1:2		4	2	99.980	49.990
1:3		6	2	149.960	49.987
2:1		2	4	25.000	50.000
2:3		6	4	74.850	49.900

$$U_{1p-p} = 10.00 \text{ V}$$

$$U_{2p} = 4.36 \text{ V}$$

$$X = 10 \text{ ms}$$

$$R = 750 \Omega$$

$$X_i = 0.32 \text{ ms}$$

$$C = 0.47 \mu\text{F}$$

$$f = 100 \text{ Hz}$$

教师签字:

93
Sep 10.15

