

浙 江 大 学

物 理 实 验 报 告

实验名称：示波器的应用

指导教师：张建华

信 箱 号：

专 业：_

班 级：_

姓 名：_

学 号：_

实验日期：_



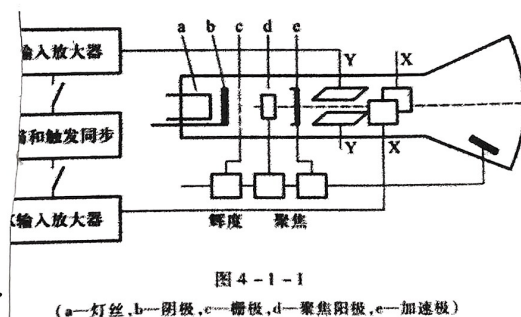
【实验目的】

1. 从物理学的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. 学习用示波器观察信号波形, 并测量其幅度大小, 周期及相位差
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)

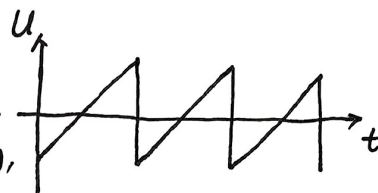
1. 示波管工作原理

结构如右图所示. 工作时, 套在灯丝外面的阴极因受热而发出大量的电子. 在电场作用下, 通过控制栅极和阳极的小孔, 电子高速地射向荧光屏. 荧光物质在电子的轰击下发出荧光, 在屏上呈现亮点. 在X、Y偏转板上加电压, 受电场力的作用, 通过两板之间的电子束发生偏转, 荧光屏亮点位移, 且位移与电压呈成正比.



2. 波形扫描原理

示波器工作时, 需在X板上加右图电压, 称为扫描电压. 扫描电压随时间均匀增大时, 光点沿X轴从左向右匀速移动, 荧光粉条辉与人眼视觉暂留导致屏上留下水平基线.

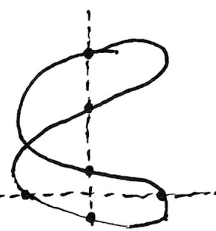


若在X轴加扫描电压, 同时在Y轴加待测正弦电压, 就可以使正弦电压沿X轴展开. 实践和理论可以证明, 当扫描电压的周期与待测电压周期成整数倍关系时, 即 $T_x = nT_y$ 时, (n 为1, 2, 3, ...). 波形稳定. $n=1$ 时显示一个完整波形, $n=2$ 时, 显示2个完整波形. 当 $T_y > T_x$ 时, 波形向右, $T_y < T_x$ 时, 左移.

3. 李萨如图形.

如果在示波器的X轴和Y轴都输入正弦电压, 频率 f_y 和 f_x 相同或成整数比, 则电子束的振动将是两个相同互垂直的谐振动的合振动, 荧光屏将描绘出合振动的图形, 称为李萨如图.

右图是 $f_y : f_x = 1 : 2$ 时的李萨如图形, 且 $\phi_y - \phi_x = \frac{\pi}{4}$, $\Delta\phi$ 不同图形也会不同.



理论推导表明: $f_y : f_x = N_x : N_y$, f_y, f_x 为该方向上信号的频率, N_y, N_x 分别是Y与X方向的一条直线与李萨如图形最多有几个交点, 或相切的最少点数. 右图可数 $N_x = 2, N_y = 4$. $\therefore f_y : f_x = 1 : 2$. 知其一便可求另一值. 若 f_y 和 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, 反之越不稳定.



6. 相位差测量.

将信号发生器与CH1接入电路输入端, CH2接电路输出端.

示波器置于A状态, 调节信号发生器, 测量正弦波一个周期长度 X_0 .

测量相位差 X_1 , 通过公式计算得:

预习部分 认真书写

【实验内容】(重点说明)

$$\Delta\phi = \frac{X \text{方向上两个波形起点间距离 } X_1 (\text{cm})}{X \text{方向上一个周期所占的距离 } X_0 (\text{cm})} \times 360^\circ$$

1. 电压测量

(1) 直接测量法: 即直接从荧光屏上量出波形高度, $U_{p-p} = D \cdot h$. D 为示波器的偏转灵敏度, 灵敏度越大数值越小. 步骤: 旋转CH1或CH2的VOLTS/DIV选择偏转因数, 显示在左下方. 调节上下位置移动旋钮, 使波形移到某一固定位置, 读出 h 代入公式求得.

(2) 光标测量法: 按下 $\Delta U - \Delta t - OFF$ 选择 U , 此时出现上下两条水平光标. 按下TCK/C2, 任选一条, 旋转FUNCTION, 使光标达到所需位置, 再按TCK/C2, 选另一条调到所需位置. 两条光标之间的距离就显示在屏幕下方. 所测得的即为 U_{p-p} 的大小.

2. 频率或周期测量

(1) 直接测量法: 旋转TIME/DIV, 选择合适的 Q , 显示在左上角. 测出信号一个周期所占格数 X , 进而通过公式 $T_x = Q \cdot X$ 可得周期, $f_x = 1/T_x$.

(2) 光标测量法: 按下 $\Delta U - \Delta t - OFF$, 选择 Δt , 出现左右平行光标, 同测电压测量周期

3. 用比较法验证 $f_y = f_x$

调节TIME/DIV. 细心调节信号发生器, 使全屏显示1个, 2个, ...等完整周期的波形, 相应地从信号发生器上读出各种情况下的 f_y , 记录数据, 最后求 $f_x = \frac{1}{N} \sum f_x$ 和 E_r .

4. 测量未知信号频率

(1) 输入50Hz标准信号, 输入CH2接口, 作为 Y . (2) 输入一频率可调的信号到CH1接口, 作为 X , 记录频率 (3) 示波器工作于 $X-Y$ 状态. (4) 改变CH1频率为25, 50, 75, 100, 150 Hz. 细心调节直到出现稳定的图形, 计算 f_y , 记录图形

5. 二极管正向导通电压测量

信号发生器, CH1接电路输入端, CH2接电路输出端, 示波器置于A状态, 调节信号发生器, 测量CH1的 U_{p-p} , 测量CH2的半波峰 U_{zp} .

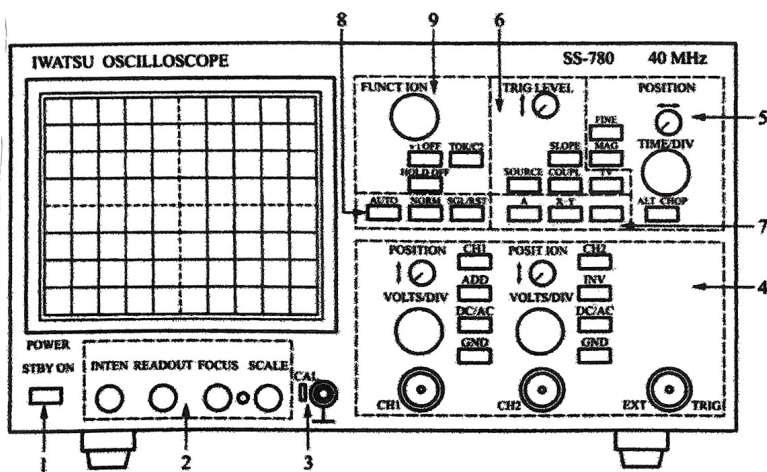
由 $(\frac{U_{p-p}}{2} - U_{zp})$ 得正向导通电压.

【实验器材及注意事项】

实验仪器: SS-7804 示波器

面板如右图, 各部分功能见下表:

1. 电源开关
2. 屏幕亮度, 读出亮度, 聚焦, 标尺亮度调节
3. 校正电压输出及接地.
4. 垂直调节部分: CH1, CH2输入口, EXT触发源接口, VOLTS/DIV偏转因子, POSITION垂直位移调节, GND接地, DC/AC交流耦合, ADD指CH1CH2信号叠加, INV倒相选择
5. 水平调节部分: POSITION水平位移调节, TIME/DIV扫描速率和幅度, FINE微调, MAG $\times 10$, 水平扫描速度 $\times 10$, ALT交替CHOP断续
6. 触发部分: TRIG LEVEL调节触发电平幅值, SLOPE触发斜率, SOURCE触发源, COUPL耦合
7. 水平显示模式: A指单踪或双踪显示, X-Y指李萨如图形或闭合图形选择
8. 扫描模式: AUTO, NORM, SGL/RST
9. 光标测量, 定在同一位置.



注意事项: ①使用前应仔细阅读

说明书, 避免损坏仪器

②示波器在使用时, 亮度不可过高, 不可使亮点长时间固



【数据处理与结果】

1. 用比较法验证 $f_y = n f_x$

扫描时基信号 0.5 ms/div, 振幅 5 Vpp

表1: 比较法验证 $f_y = n f_x$ 数据

波形个数	1	2	3	4	5	6
f_y / Hz	119.3	399.5	599.7	798.7	997.1	1197.8
f_x / Hz	119.3	199.8	199.9	199.6	199.4	199.6

$$\bar{f}_x = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 f_{xi} = 199.6 \text{ Hz} \quad E = \frac{|\bar{f}_x - 200|}{200} \times 100\% = 0.2\%$$

2. 用李萨如图形测量未知信号的频率

$$f_y = 50 \text{ Hz}$$

表2: 李萨如图形测量未知信号频率数据

频率比 f_y/f_x	1:1	1:2	1:3	2:1	3:1	2:3
图形						
垂直交点数	2	4	6	2	2	6
水平交点数	2	2	2	4	6	4
f_x / Hz	50.007	99.953	150.021	24.982	16.667	74.950
f_y / Hz	50.007	49.976	50.007	49.964	50.001	49.966

$$\bar{f}_y = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 f_{yi} = 49.986 \text{ Hz} \quad E = \frac{|\bar{f}_y - 50.000|}{50.000} \times 100\% = 0.0280\%$$

3. 二极管正向导通电压测量 $U_{zp} = 1.80 \text{ V}$ $U_{pp} = 5.20 \text{ V}$

$$\text{正向导通电压} = \frac{1}{2} U_{pp} - U_{zp} = 0.80 \text{ V}$$

4. 相位差测量 $\Delta t = 0.114 \text{ ms}$ $T = 0.510 \text{ ms}$

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = 80.5^\circ$$



【误差分析】

1. 示波器显示屏上的波形线较粗，用比较法验证 $f_y = n f_x$ 时，测量电压、周期时，刻度线的位置确定存在误差
2. 调整李萨如图形时，不能完全调到稳定状态，始终都有缓慢的运动，所以最终得到的频率并不准确
3. 在测量二极管正向导通电压时，电路中的电阻会对电压测量产生影响
4. 信号发生器输出信号的频率不一定恒稳。

【实验心得及思考题】

思考题：

1. 示波器为什么能显示被测信号的波形？

内部的阴极射线管发射电子，打到荧光屏上会发光。给Y轴偏转板加上被测信号的电压，电子受电场力偏转，再给X轴偏转板加上扫描电压，电子束就会在X方向上展开，Y方向上表现为被测信号的形状。

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响？

翻转是因为 f_x 和 f_y 之间不能形成整数倍，翻转快慢取决于 $f_x : f_y$ 的值于整数的差值，与整数差的越小翻转越慢

3. 切实理解示波器的同步概念，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？

同步是指让扫描周期与被测信号周期相同，可以调节 TRIG LEVEL 来改变触发同步的电平。

实验心得：本次实验学习了示波器这种复杂仪器的使用，也让我了解到了示波器在电学中的广泛应用，为之后的实验打下了良好的基础，受益匪浅！



【数据记录及草表】

5 V_{pp}

③

理论	200	400	600	800	1000	1200
波形个数	1	2	3	4	5	6
f_y/Hz	119.3	399.5	599.7	798.7	997.1	1197.8
f_x/Hz						

④ $f_y = 50 \text{ Hz}$

$f_y : f_x$	1:1	1:2	1:3	2:1	2:3
f_x	50.007	99.953	150.021	24.982	74.950
图形					
N_y	2	4	6	2	6
N_x	2	2	2	4	4

⑤ $U_{2p} = \overset{1.80}{\cancel{4.60}} \text{ V}$

$U_{pp} = 5.20 \text{ V}$

$\overset{2.6}{\frac{1}{2}} U_{pp} - U_{2p} = 0.80 \text{ V}$

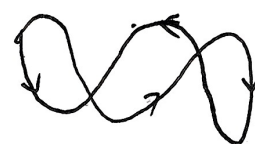
2.6

⑥ $\Delta t = 0.114 \text{ ms}$

$T = 0.510 \text{ ms}$

$\Delta \Phi = 80.5^\circ$

$3:1$
 16.667



2
6

教师签字:

