

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: _____



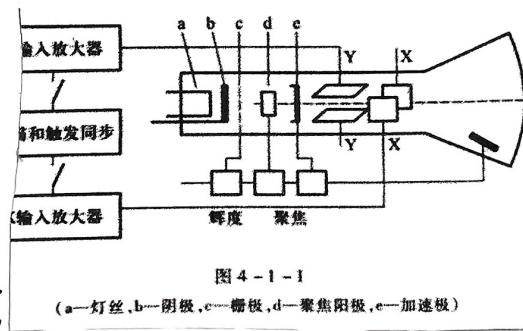
【实验目的】

- 从物理学的角度了解示波器的结构和工作原理
- 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
- 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
- 掌握用李萨如图形测量正弦波信号频率的原理和方法
- 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，荧光粉余辉与人眼视觉暂留导致屏上留下水平基线。

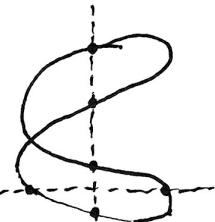
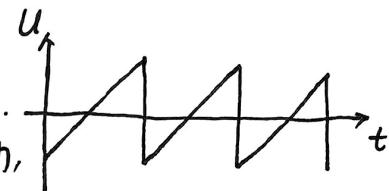
若在X轴加扫描电压，同时在Y轴加待测正弦电压，就可以使正弦电压沿X轴展开。实践和理论可以证明，当扫描电压的周期与待测电压周期成整数倍关系时，则 $T_x = nT_y$ 时。（n为1, 2, 3, ...）。波形稳定。n=1时显示一个完整波形，n=2时，显示2个完整波形。当 $T_y > T_x$ 时，波形向右， $T_y < T_x$ 时，左移。

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，称为李萨如图形。

右图是 $f_y : f_x = 1:2$ 时的李萨如图形，且 $\phi_y - \phi_x = \frac{\pi}{2}$ ， $\Delta\phi$ 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_1 。

测量相位差 $\Delta\Phi$ ，通过公式计算得：

预习部分 认真书写

【实验内容】（重点说明）

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， $U_{pp} = D \cdot h$ 。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 选择偏转因子，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_{pp} 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 $f_y = n f_x$

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 $f_y = \frac{1}{x} \sum f_x$ 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_{pp} ，测量 CH2 的半波峰 U_{2p} 。

由 $(\frac{U_{pp}}{2} - U_p)$ 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 触发源连接口，VOLTS/DIV 偏转因子，POSITION 位移调节，GND 接地，DC/AC 交流耦合。

ADD 指 CH1, CH2 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。

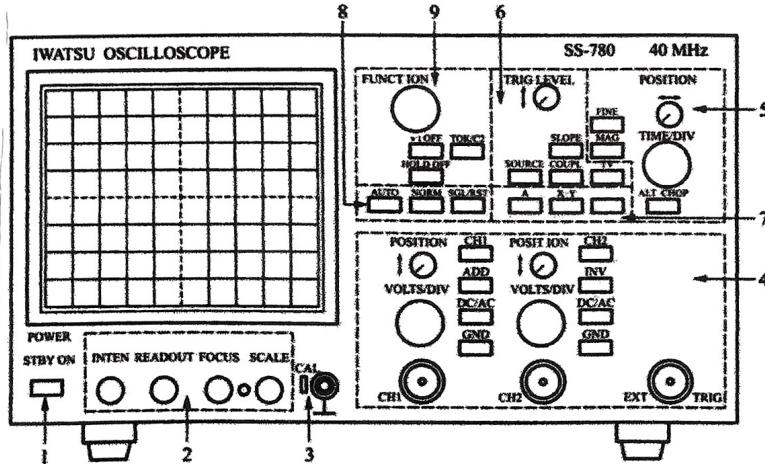
MAG $\times 10$ ，水平扫描速度 $\times 10$ ，ALT 交替 CHOP 断续。

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 指垂直如图所示图形选择。

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/dit, 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 $U_{ZP} = 1.80V \quad U_{PP} = 5.20V$

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

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

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



【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						

$$\textcircled{4} \quad f_y = 50 \text{ Hz}$$

$f_y : f_x$	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

$$\textcircled{5} \quad U_{2p} = \frac{1.80}{460} \text{V}$$

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

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

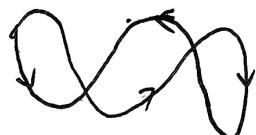
$$\textcircled{6} \quad \Delta t = 0.114 \text{ ms}$$

$$T = 0.510 \text{ ms}$$

$$\Delta \Phi = 80.5^\circ$$

3:1

16.667



2

6

2.6

教师签字:

