

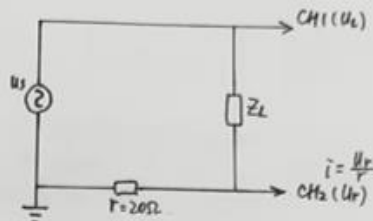
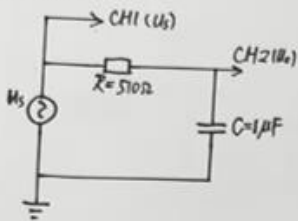
实验八：元件特性的示波器测量法

实验台编号：8

一. 注意事项

1. 无论是信号发生器还是示波器, 在开机使用前, 一定要对其主要旋钮的作用、功能等有所了解。
2. 示波器和信号发生器的“公共端”(地线) 应连接在一起。
3. 测量中应注意 U_i 大小选择, 曲线要完整, 元件不要损坏。
4. 电路接线和拆线时要断开信号源。

二. 实验任务与方法



1. 直接读取相位差 $\Delta\varphi_1 = 52.40^\circ$ 由此得 U_C 表达式为 $U_C = 3\sin(800\pi t - 52.40^\circ)V$ 。
2. 直接法测量相位差, 利用光标测得 $\Delta t = 3.68\mu s$, 从而 $\Delta\varphi_2 = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = 52.99^\circ$ 。
3. 利用圆节距法测得 $a = 2.84V$, $b = 1.86V$, 从而 $\Delta\varphi_3 = \arcsin \frac{a}{b} = 52.20^\circ$ 。

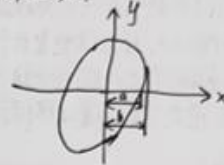
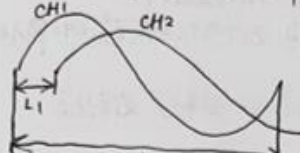
波形记录见实验报告。

一. 实验目的

1. 掌握用示波器测量电压、电流等基本量的方法；
2. 学习用示波器测量两信号的相位差的方法；熟悉用示波器测量元件特性的方法

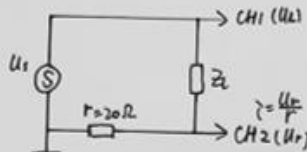
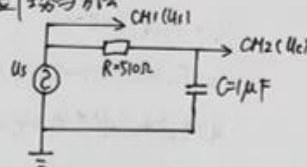
二. 实验原理

1. 直接法：把两个信号分别从CH1和CH2输入示波器，并把两通道的输入信号均以YT方式显示在屏幕上，从图中读出 L_1 、 L_2 格数，则它们的相位差为 $\varphi = \frac{360^\circ}{L_2} \cdot L_1$ ，式中 φ 的单位为度。



2. 椭圆测距法：把两个信号分别从CH1和CH2输入示波器，同时把示波器显示方式设为XY工作方式，则在显示屏上显示出一个椭圆，读出图中a、b的格数，则相位差为 $\varphi = \arcsin \frac{a}{b}$ 。该图形也称为李萨如图。利用李萨如图不仅可以测量两信号相位差，而且还可以测量两信号的频率比。

三. 实验任务与方法



1. RC移相电路：用直接观察法和椭圆测距法测量该电路的移相（ U_1 和 U_c 的相位差）并测量 U_c 幅值。

如果 $U_1(t) = 5 \sin 800\pi t$ (V)，写出 U_c 的表达式。

- 1) 直接法：画出 U_1 和 U_c 的波形，记录数据。

- 2) 椭圆测距法：画出XY坐标下测量的波形。

2. 510Ω电阻元件的端口特性曲线：画出实验线路图，实验要求 $U_1(t) = 5 \sin 800\pi t$ (V)，取样电阻 $r = 20\Omega$ 。

3. 测量非线性电阻元件的端口特性曲线：画出实验线路图（建议电源 U_{app} 约为16V左右）。

四. 预习思考题

1. 示波器前面板上控制钮可分为哪几类？

答：①显示控制类：亮度/Intensity、聚焦/Focus、辅助聚焦/Astig、标尺亮度/Illum、光迹旋转按钮/Rotate。

②垂直(Y轴)控制类：Y轴输入插座、Y轴输入选择开关/AC GND DC、垂直衰减开关/Volts/div。

垂直位移调节按钮/Position、垂直工作方式选择开关/Vertical Mode。

③水平(X轴)控制类：扫描速度选择开关/Time、水平位移控制/Position On、平移/缩放按钮/Pan-Zoom。

④触发控制类：触发方式开关、触发源选择开关/Source、触发电平按钮/Trigger/Level、触发电平控制开关/触发电平耦合开关/Coupling。

⑤其它控制类：电源开关/Power、保存/回忆菜单/Save/Recall Menu、光标显示按钮/Cursors、数学/逻辑/连接按钮/Math。

2. 示波器通道1(CH1)和通道2(CH2)的作用是什么？

答：示波器通道1(CH1)的作用：[信号显示、单独显示、双踪显示、代数运算]

通道2 (CH2) 的作用: 信号显示, 单独显示, 双踪显示, 屏幕数据运算

3. 示波器水平垂直控制按钮中的“位置”(Position) 按钮的作用是什么?

答: 主要是调整波形在示波器屏幕上的位置, 二者分别作用左右位置及上下位置波形移动, 以便进行更精确的测量和分析。

4. 如用于示波器测量电流, 采样电阻 r 的作用是什么?

答: 示波器不能直接测量电流, 应在支路接入采样电阻, 电流流过电阻 r 时, $i = \frac{U}{r}$ 成立, 即得到该支路电流。采样电阻起到了由电压到电流的转换作用, 也可限流分压, 保护电路, 还可进行信号取样。

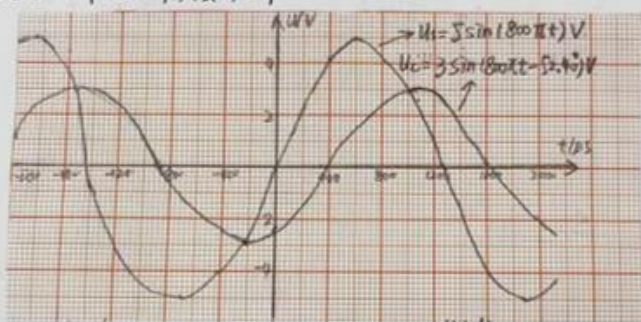
5. 示波器测量元件的特性曲线的原理是什么? 为什么必须把显示方式设置成XY?

答: ①对于电阻元件, 使示波器显示方式为XY方式, CH1 输入元件两端电压信号, CH2 输入电阻元件电流信号, 则显示屏显示元件的伏安特性曲线。

②XY显示模式可直观展示两信号之间的关系, 分析二者相位与频率关系, 更简洁。

五. 数据处理与分析

①直接观察 U_s 和 U_c 波形, 绘制如下:



根据绘制波形写出 U_s 和 U_c 表达式如下:

$$U_s = 5 \sin(800\pi t) \text{ V}$$

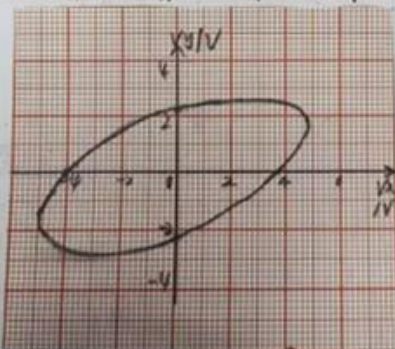
$$U_c = 5 \sin(800\pi t - 52.4^\circ) \text{ V}$$

直接读取相位差为 $\Delta\varphi_1 = 52.4^\circ$

②直接法测量相位差

直接法测得 $\Delta t = 368 \mu\text{s}$, 而周期 $T = 2500 \mu\text{s}$, 计算得 $\Delta\varphi_2 = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = 52.99^\circ$

③椭圆法测量相位差, 椭圆方程如图波形绘制如下:



从波形中测得 $a = 3.84 \text{ V}$, $b = 4.86 \text{ V}$.

从而 $\Delta\varphi_3 = \arcsin \frac{a}{b} = 52.20^\circ$

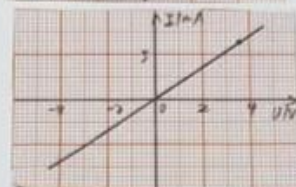
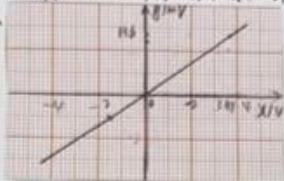
根据以上三种方法, 测得数据中, 直接法测得的相位差 $\Delta\varphi_2$ 最大, 椭圆法测得的相位差 $\Delta\varphi_3$ 最小。由于直接观察法是由示波器直接测量得到的数据, 准确度最高, 其余两法对应误差为

$$\delta_2(\Delta\varphi) = \left| \frac{\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1}{\Delta\varphi_1} \right| \times 100\% = 0.011\% \quad \delta_3(\Delta\varphi) = \left| \frac{\Delta\varphi_3 - \Delta\varphi_1}{\Delta\varphi_1} \right| \times 100\% = 0.004\%$$

实验报告

由此可见,三种方法的精确度都非常高,所测结果均大致可反映真实的相位差情形。

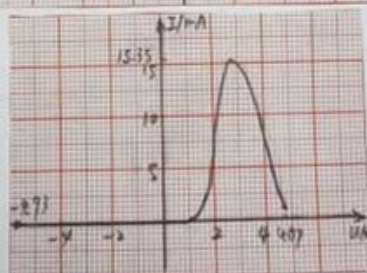
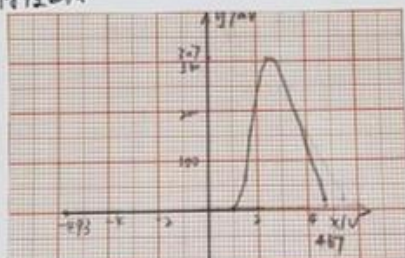
④ 测量 $R=510\Omega$ 电阻元件的端口特性曲线。实验 X 轴取 $2V/div$, Y 轴取 $100mA/div$, 得到曲线如下,同时由 Y-X 曲线得到电阻伏安特性曲线如下。



由曲线可知,测得电阻阻值 $R_{测} = \frac{3.67}{0.136/20} = 539.7\Omega$ 。

相对误差 $\eta(R) = \left| \frac{R_{测} - R_{真}}{R_{真}} \right| \times 100\% = 5.82\%$ 。

⑤ 测量非线性电阻元件的端口特性曲线。实验中 X 轴取 $2V/div$, Y 轴取 $100mA/div$, 得到曲线如下,同时由 Y-X 曲线得到电阻的伏安特性曲线。



由波形可知,该非线性电阻元件属于电压控制型元件,与第一次实验中得到的非线性电阻的伏安特性曲线非常相似,可相互对照。

六. 实验小结

本次实验中,我学习了用示波器测量电压、电流等基量量的方法和用示波器测量两信号的相位差的方法,逐渐熟悉了示波器这一常用仪器的使用要点,最后利用示波器测量元件特性并作出相应的伏安特性曲线。刚开始

始使用示波器时,我对示波器的使用并不算太熟悉,可能之前在该实验室做实验的同学设置波形运算显示后忘记归零,我们的示波器一开始呈现出红、黄、蓝三色共三支波形最后在老师指导下解决了问题。在绘制电压波形时,我们使用 Cursor 光标,逐点测量力求精确;但在李蔚如图绘制时,我们发现光标位置由于操作方式的不当,也容易引起较大误差。在实验过程中,我们对示波器的操作逐渐熟练起来,对示波器直观显示电参数的作用有了很大认识。