

学号: 11910104 姓名: 王奕童 日期: 2020 年 4 月 10 日 星期 五

示波器原理与应用

一.实验目的

1. 了解示波器的基本结构和原理
2. 学习使用示波器观察波形和测量信号周期及时间参数等。

二.实验仪器

双踪示波器, 函数信号发生器, 接线板, 导线若干

三. 实验原理

阅读讲义, 清楚以下问题, 简要概括实验原理。

1. 示波器结构。

示波器主要由示波管（如图3.2.3-1所示）和复杂的电子线路构成。示波器的基本结构见图3.2.3-2。

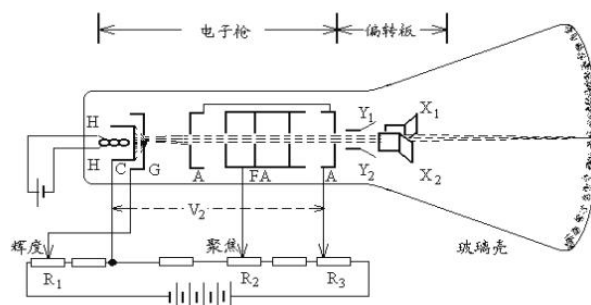


图 3.2.3-1 示波管示意图

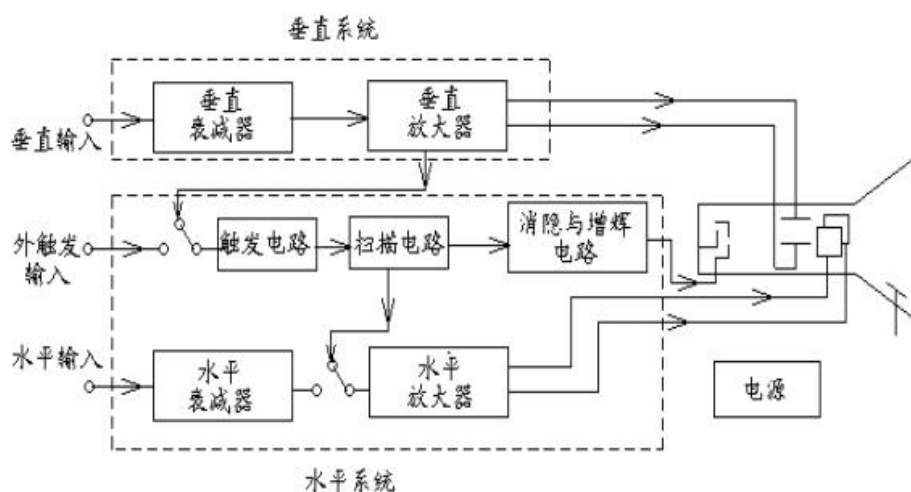
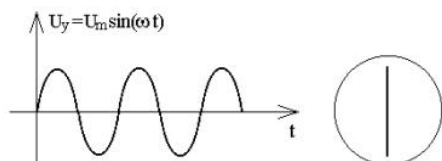


图 3.2.3-2 示波器的基本结构简图

2. 示波器竖直偏转极板所加信号的特点。

示波器竖直方向所加信号为正弦电压，如图3.2.3-4所示。且偏转电压 U_Y 和偏转位移 Y 成正比关系，即 $Y \propto U_Y$ 。



3. 示波器水平偏转极板所加信号的特点

为显示波形，必须在水平偏转板（X轴）上加一扫描电压，其为加在X偏转板上的锯齿波电压，如图3.2.3-5所示。且该扫描电压周期应为被测信号周期的整数倍，即 $T_x = nT_y$ ， $n = 1, 2, 3, \dots$

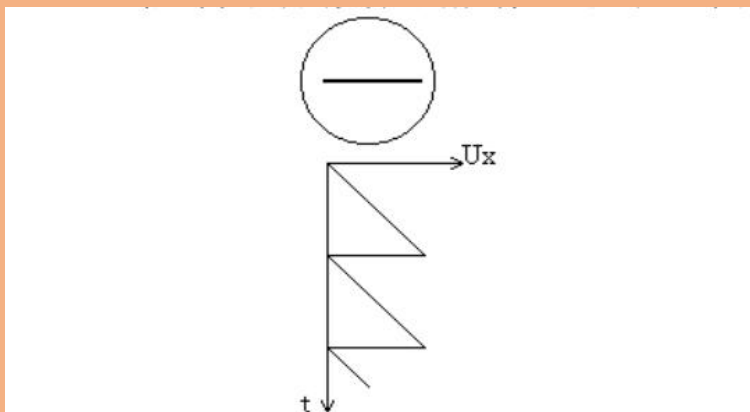


图 3.2.3-5 锯齿波电压（加在 X 偏转板）

四、实验内容、数据记录及数据处理

1. 用示波器测量信号的周期和幅度

(1) 测量示波器自带方波信号的周期和幅度，并与理论值（1ms， $4V_{p-p}$ ）比较。

思考题：时基分别选 0.1 ms/div，0.2ms/div 和 0.5 ms/div 来测量周期，哪种时基测出的数据更准确，为什么？

时基 (ms/div)	0.1	0.2	0.5
理论周期 (ms)	1.000		
理论频率 (Hz)	1000		
测量频率 (Hz)	996.0	994.0	990.1
测量周期 (ms)	1.004	1.006	1.010

哪种时基测出的数据更准确：0.1ms/div，原因是：

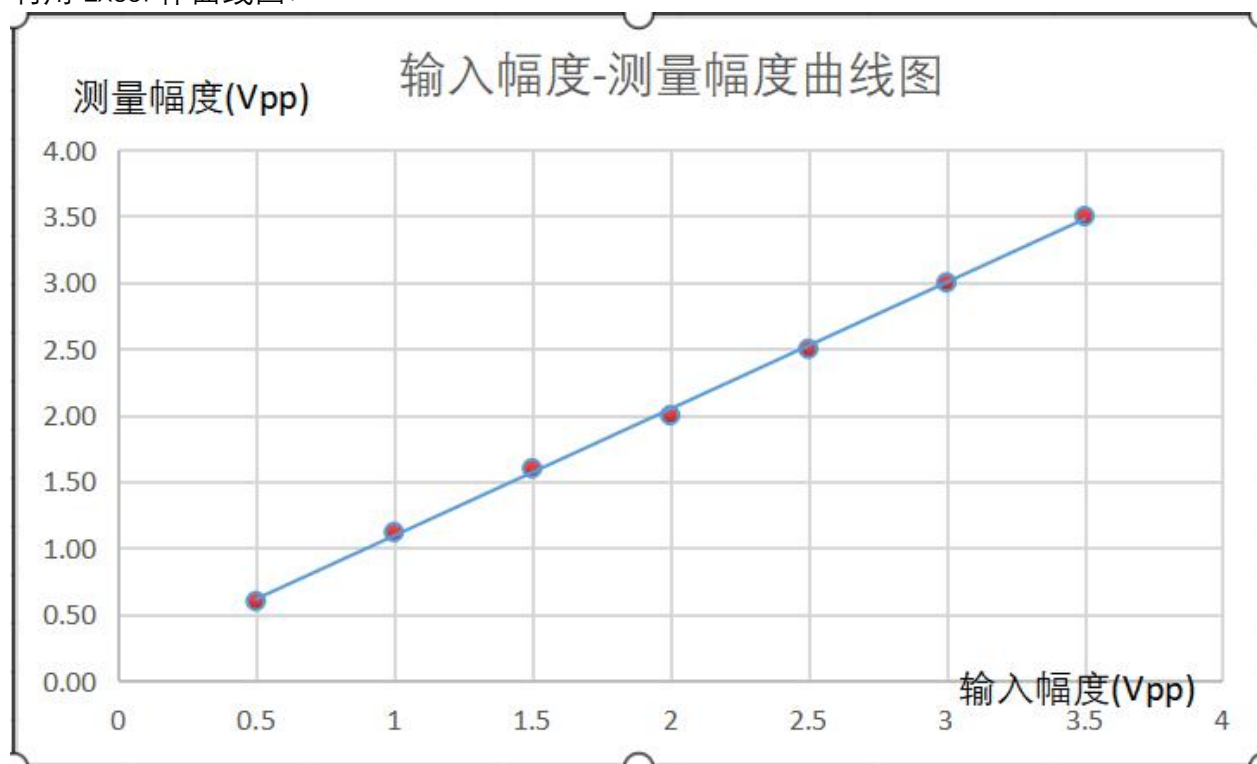
时基越小，相应分辨率会越高，因肉眼测量带来的误差也会越小，对周期长度的测量结果的影响也就越小，可以提高实验结果的准确度。

(2) 选择信号发生器的对称方波接 Y 输入, 频率为 2000Hz, 幅度分别为 $0.5 V_{p-p}$ 、 $1 V_{p-p}$ 、 $1.5 V_{p-p}$ 、 $2 V_{p-p}$ 、 $2.5 V_{p-p}$ 、 $3 V_{p-p}$ 、 $3.5 V_{p-p}$, 选择示波器合适的灵敏度, 测量信号的幅度。以信号发生器的幅度为 x 轴, 示波器所测幅度为 y 轴, 用 origin 或 excel 作曲线。

当频率为 2000Hz 时:

输入幅度 (Vpp)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
屏幕一格所代表幅度 (v/div)	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5
曲线所占格数	6.00	5.51	8.00	4.00	5.00	6.02	7.00
测量幅度 (Vpp)	0.60	1.12	1.60	2.00	2.50	3.01	3.50

利用 Excel 作曲线图:

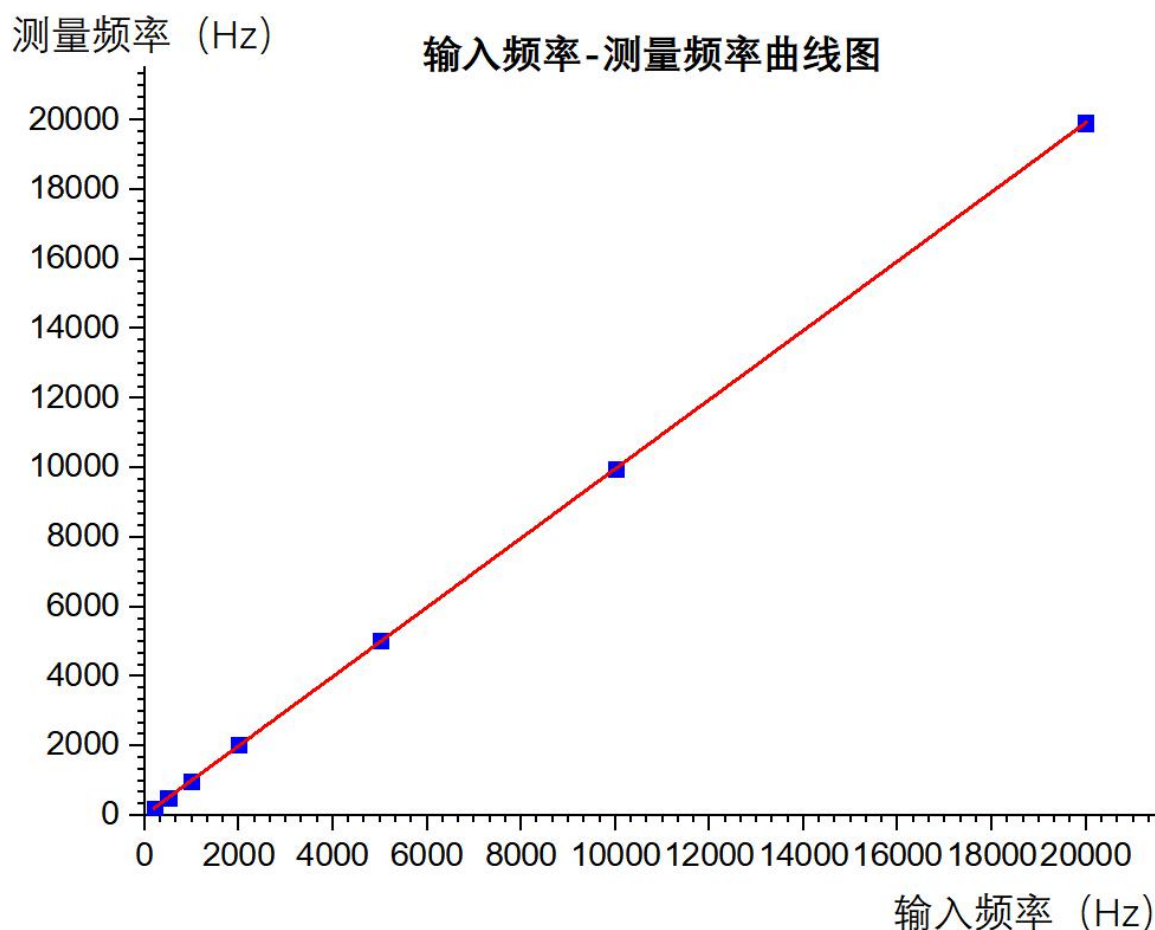


(3) 选择信号发生器的正弦波接 Y 轴输入，幅度为 $5V_{p-p}$ ，频率分别为 200、500、1 K、2K、5K、10K、20K(Hz)，选择示波器合适的时基，测量信号的周期，并换算成频率。以信号发生器的频率为 x 轴，示波器所测频率为 y 轴，用坐标纸作曲线。

输入信号幅度为 $5V_{pp}$ 时，

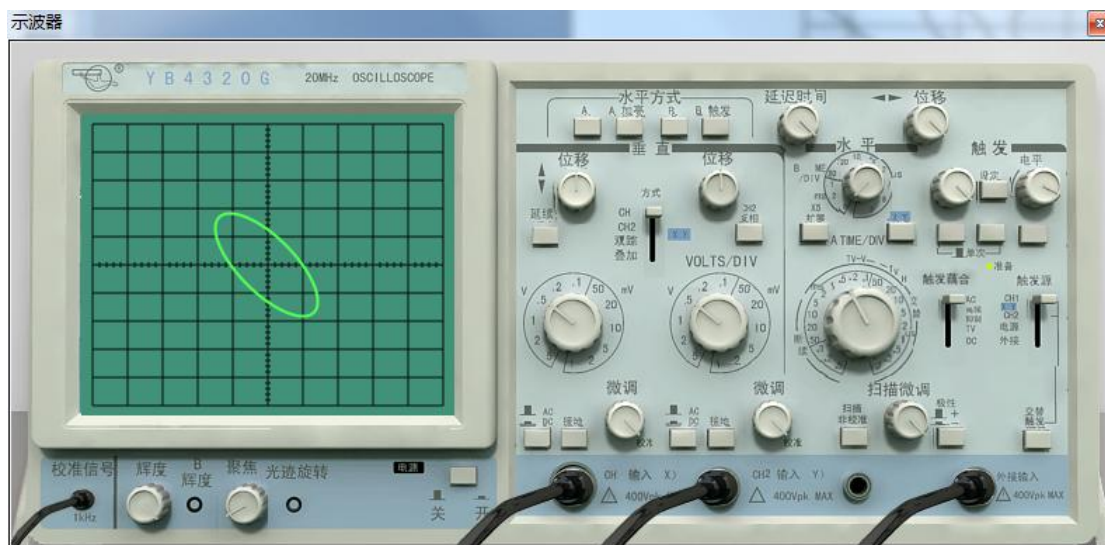
输入频率 (Hz)	200	500	1k	2k	5k	10k	20k
所选时基 (ms/div)	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
曲线所占格数	4.81	4.01	5.01	4.95	3.99	5.01	5.02
测量周期 (ms)	4.810	2.005	1.002	0.495	0.199	0.100	0.050
测量频率 (Hz)	207.9	498.8	998.0	2020.2	5025.1	9980.0	19920.3

利用 OriginLab 作曲线图：

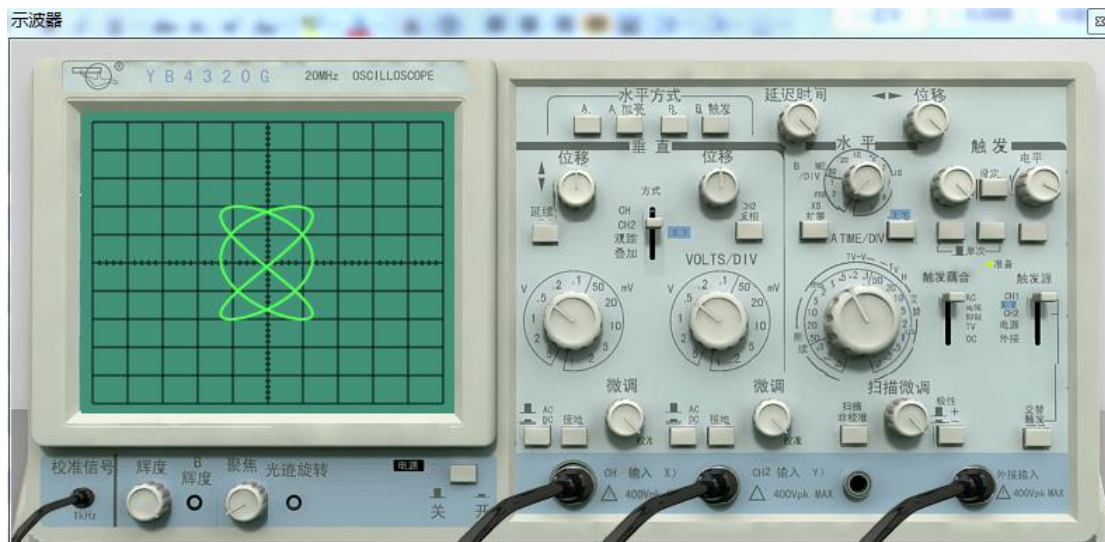


2. 观察李萨如图形，并求频率，其中 $f_x = 1200 \text{ Hz}$

A: $\frac{f_x}{f_y} = 1, f_y = 1200 \text{ Hz}$



B: $\frac{f_x}{f_y} = \frac{3}{2}, f_y = 800 \text{ Hz}$

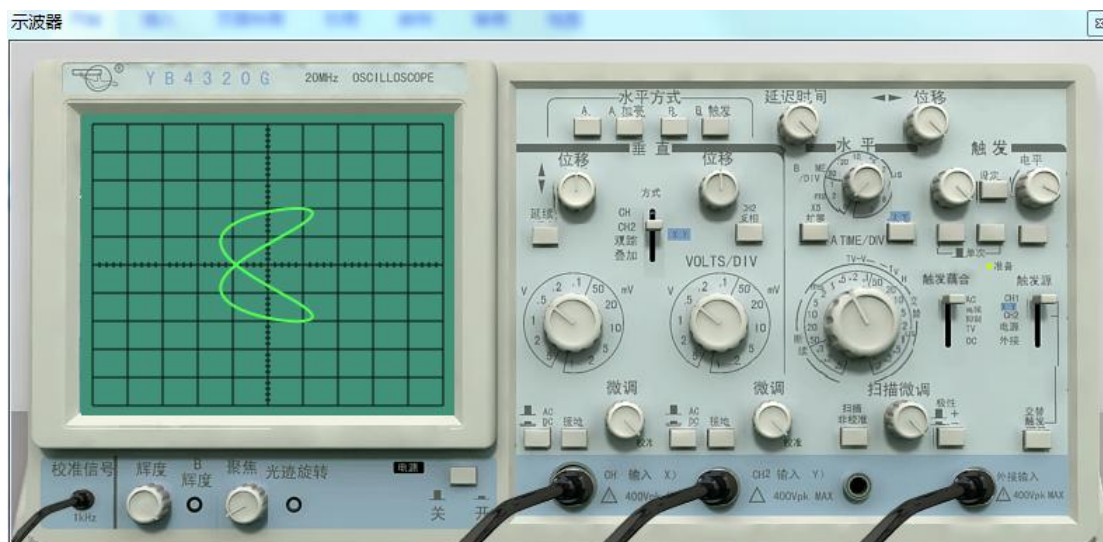


C: $\frac{f_x}{f_y} = 2, f_y = 600 \text{ Hz}$

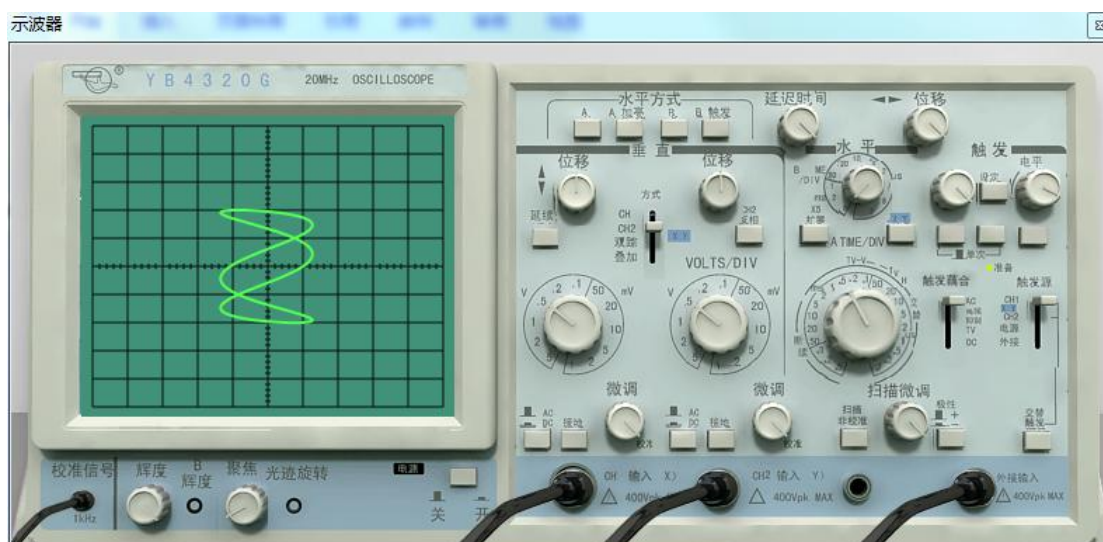
物理实验报告



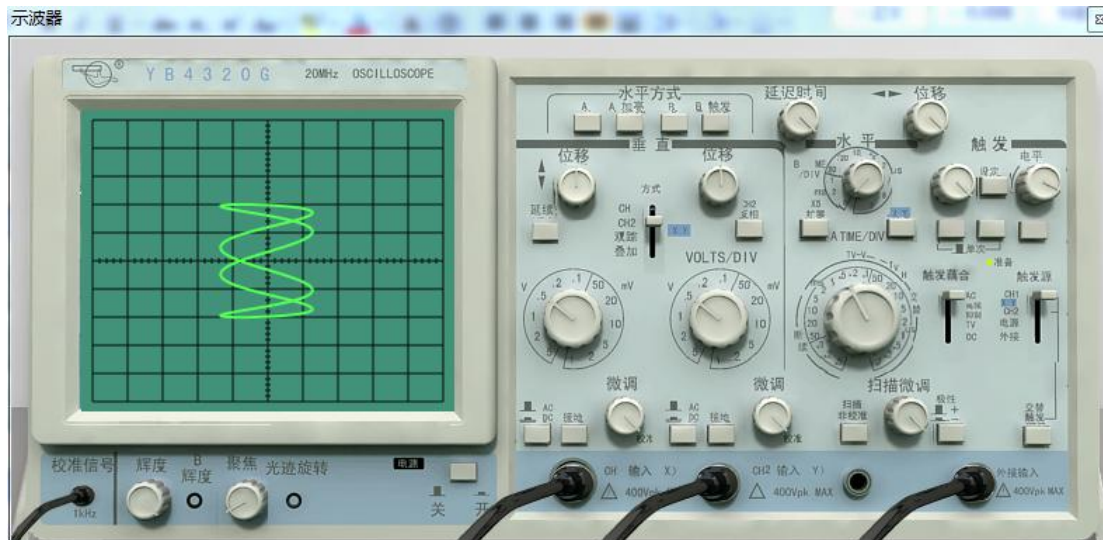
南方科技大学
SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



D: $\frac{f_x}{f_y} = 3, f_y = 400 \text{ Hz}$



E: $\frac{f_x}{f_y} = 4, f_y = 300 \text{ Hz}$



五、实验误差分析

定性分析本实验误差来源及改进措施

(1) 误差来源分析:

- ①垂直系统和水平系统的电压发生不同步协调，有可能会存在时间差而带来测量周期的不准确；
- ②实验时仪器有可能受到桌面振动的影响，从而有可能使波形图发生变化，带来测量周期的不准确性；
- ③在测量周期、频率和幅度的实验过程中，示波器在屏幕上所占比例较小，示波器的波形图较粗，使用肉眼测量波形图之间周期宽度时可能带来偏差，有可能使读取的波形图的振幅测量不准确，带来实验的误差；
- ④测量时图形会有一定波动， f_y 会上下跳动，有可能使实验读取时不准，带来误差；
- ⑤而且示波器本身机器会存在一定的系统误差，如示波器显示图像可能存在延时等等

(2) 改进措施:

- ①在实验前调试垂直系统和水平系统的电压频率，减小垂直系统和水平系统的协调误差；
- ②在实验中注意操作规范并且在桌面上添加一些重物，减小桌面振动；
- ③调节示波器图像的分辨率以将示波器图像放大，减小因肉眼不能精确读取图像数据带来的测量误差；
- ④根据随机误差的对称性和抵偿性的特点，可以使用多次测量求取平均值的方法可以减小实验中 f_y 测量的误差；
- ⑤更换性能更好的示波器进行实验。

六、实验结论

简要概括实验内容及结果。

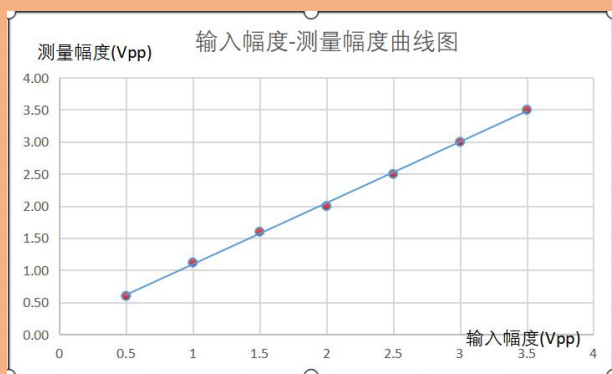
(1) 实验内容：本次实验使用了双踪示波器，函数信号发生器，接线板，导线若干等实验器材，进行了使用示波器的实验，共分为 2 个部分：①用示波器测量信号的周期与幅度②观察李萨如图形并测频率。

(2) 实验结果：

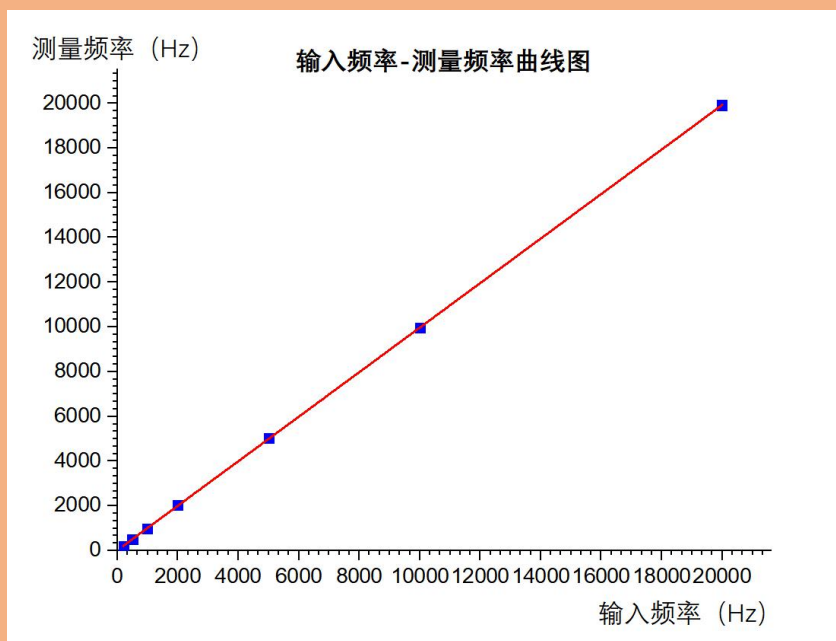
①用示波器测量信号的周期与幅度实验中，

(1) 测得示波器自带方波信号周期为 1.007 ms，频率为 993.4Hz，且在时基为 0.1s 时测量的精确度更高；

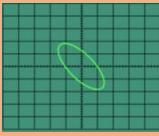
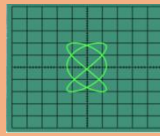
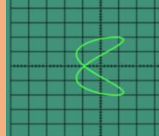
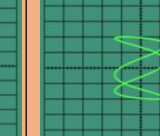
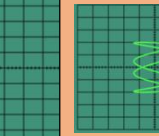
(2) 信号发生器的对称方波在输入频率为 2000Hz 时输入幅度和测量幅度的关系如下图所示，近似满足正比关系



(3) 选择信号发生器的正弦波接 Y 轴输入，幅度为 $5V_{p-p}$ 时输入频率和测量频率关系如下图所示，近似满足正比关系；且由本实验可知，实验中所选时基越小，实验结果的精确度越高。



②在观察李萨如图形并测频率的实验中，先后观察了五组示波器的李萨如图形，并根据图形计算出了相应的频率。

组别数	1	2	3	4	5
李萨如图形					
$f_x(\text{Hz})$	1200				
$f_y(\text{Hz})$	1200	800	600	400	300

通过这次实验，了解了示波器的基本机构和原理，学习了如何使用示波器观察波形和测量信号周期及时间参数等信息，掌握了用示波器测量信号的周期和幅度的方法，学习了如何通过观察李萨如图形来求取频率的实验方法。

七、思考题

1. 1V 峰峰值的正弦波，它的有效值是多少？

解：

正弦波的有效值需要考虑其方均根 (V_{RMS})

设正弦波的一个周期为 T ，则 $V = \sin(\frac{2\pi}{T}t)$

所以 $\int_0^T \sin^2(\frac{2\pi}{T}t)dt = T \cdot V_{RMS}^2$ ，其中等式左边通过微积分换元可得左边的结果为 $\frac{1}{2}T$ ，故可得

$$\text{正弦波的方均根 } V_{RMS} = \frac{\sqrt{2}}{2} V$$

因此以 1V 为峰峰值的正弦波的有效值是 $\frac{\sqrt{2}}{2} V$

2. 示波器稳定显示周期信号的条件？

① 竖直偏转板 (Y 轴) 上添加正弦电压，如图 3.2.3-4 所示；水平偏转板 (X 轴) 上添加扫描电压，如图 3.2.3-5 所示；且需要满足扫描电压周期应为被测信号周期的整数倍，即

$$T_x = nT_y, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

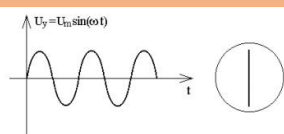


图 3.2.3-4 信号随时间变化的规律 (加在 Y 偏转板)

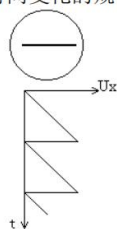


图 3.2.3-5 锯齿波电压 (加在 X 偏转板)

② 示波器采取的三种方式以保持波形的完整稳定：

1. “内整步”：将待测信号一部分加到扫描发生器，当待测信号频率 f_y 有微小变化，它将迫使扫描频率 f_x 追踪 其变化，保证波形的完整稳定；
2. “外整步”：从外部电路中取出信号加到扫描发生器，迫使扫描频率 f_x 变化；
3. “电源整步”：整步信号从电源变压器获得；