



# 示波器实验



中国矿业大学 物理教学实验中心



# 实验简介

---

示波器全名为阴极射线示波器。它是一种观察和测量电信号的电子仪器。一切可以转化为电压的其它电学量（如电流、电功率、阻抗等）和非电学量（温度、位移、压强、磁场、频率等）以及它们随时间的变化过程，都可以用示波器来进行实时观察与测量。

示波器已成为科研、生产中最常用的一种现代测量工具。

## 基本特点

---

- 输入阻抗高，对被测信号影响小，有较强的过载能力，测量灵敏度高。
- 可显示信号波形、测量信号瞬时值。
- 工作速度快、频带宽，便于观察高速变化的信号。
- 可显示任意两个信号的电压或电流的函数关系，故可作为信号的X-Y记录仪。

# 实验原理

---

示波器的基本结构包括：

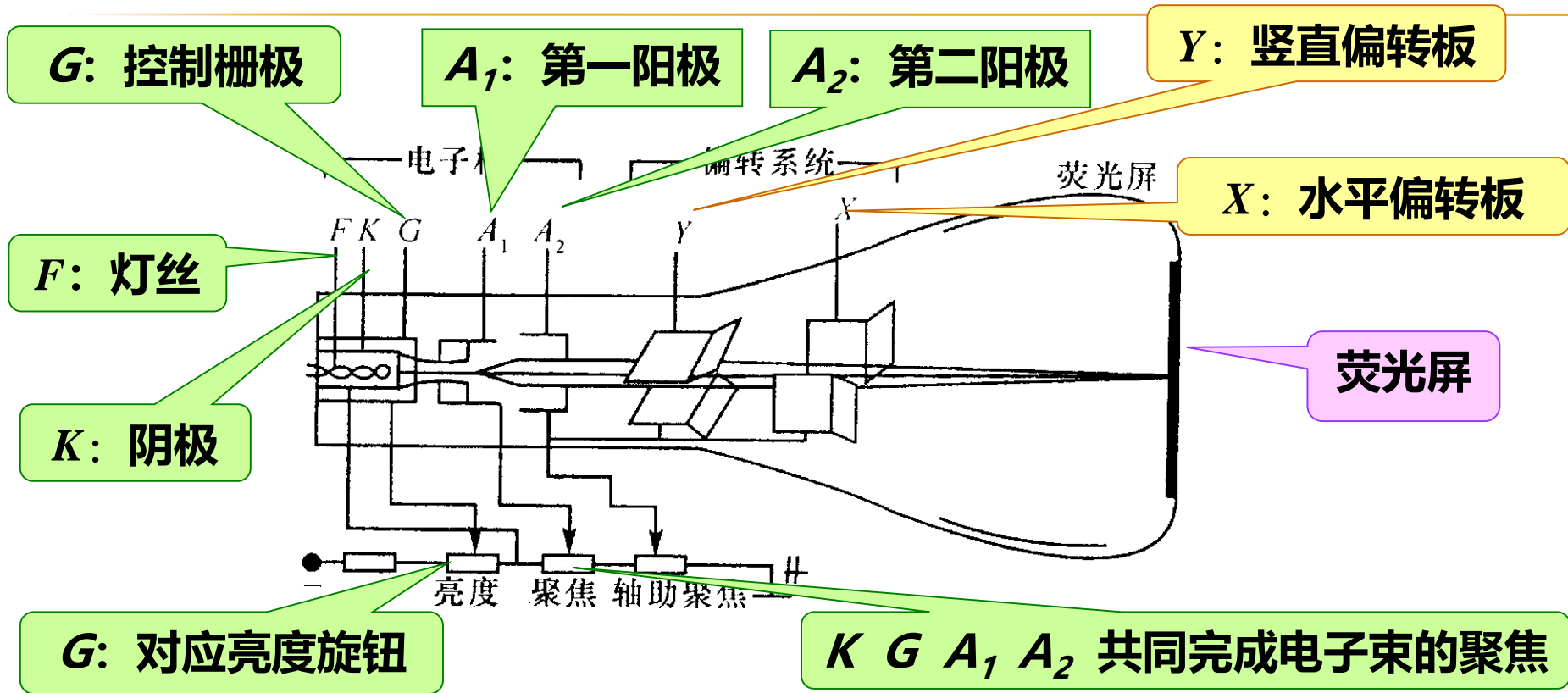
阴极射线示波管（电子枪、X、Y偏转板、荧光屏）

电压放大器（带衰减器的X和Y轴放大器）

同步、扫描电路

电源

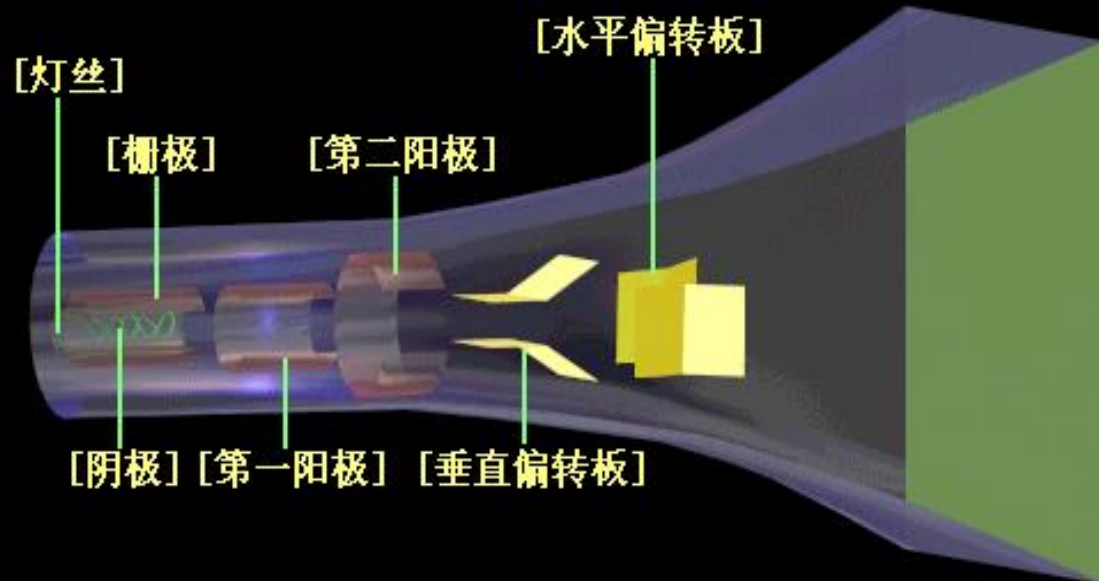
# ◆ 示波管 (CRT) 结构简介



**电子枪、偏转系统、荧光屏**

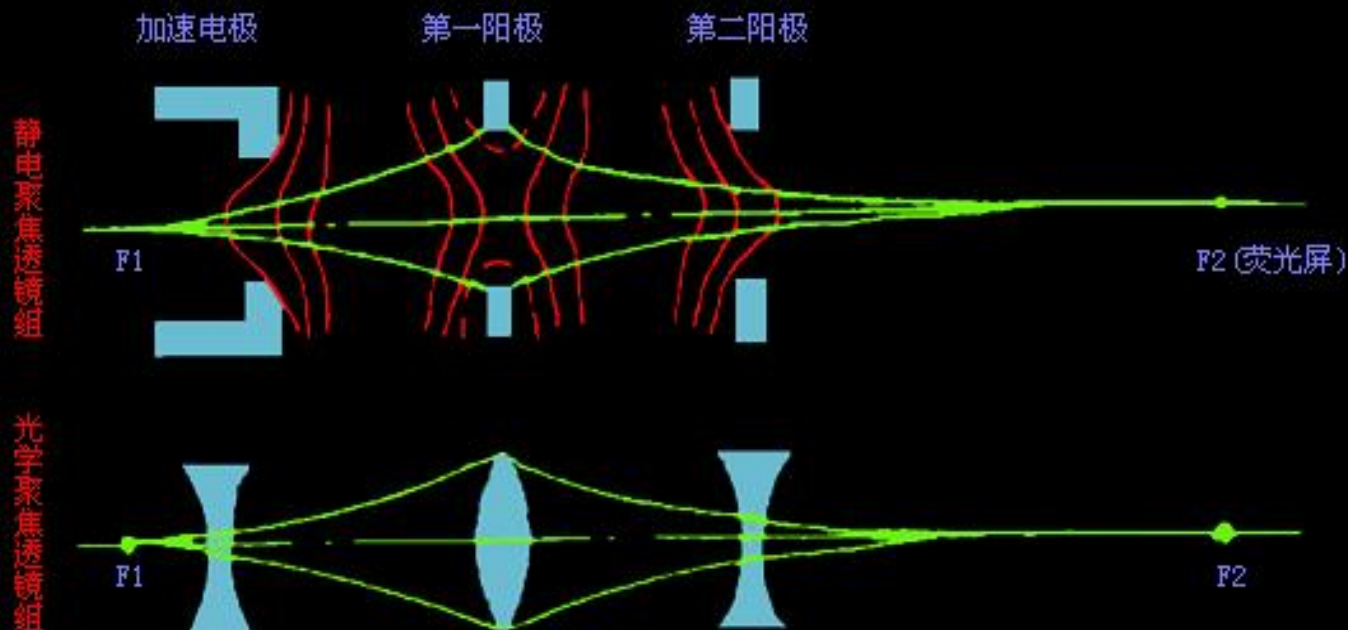
# 实验原理

## 示波管结构与原理



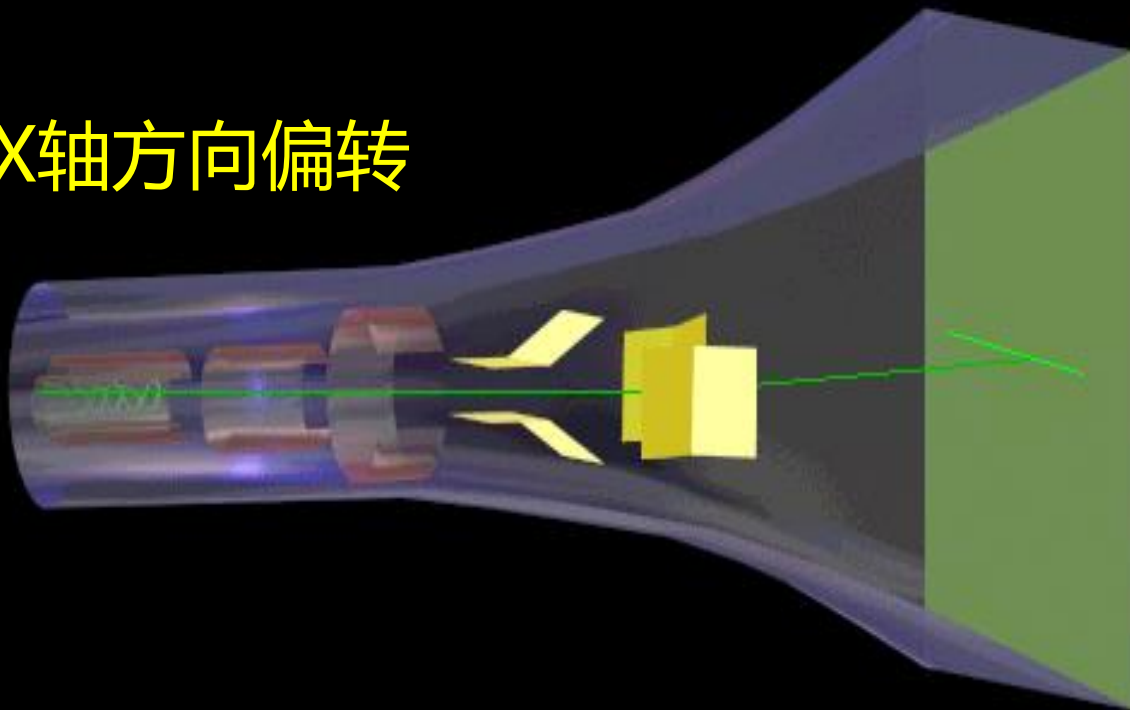
# 实验原理

## 静电聚焦透镜示意图



# 实验原理

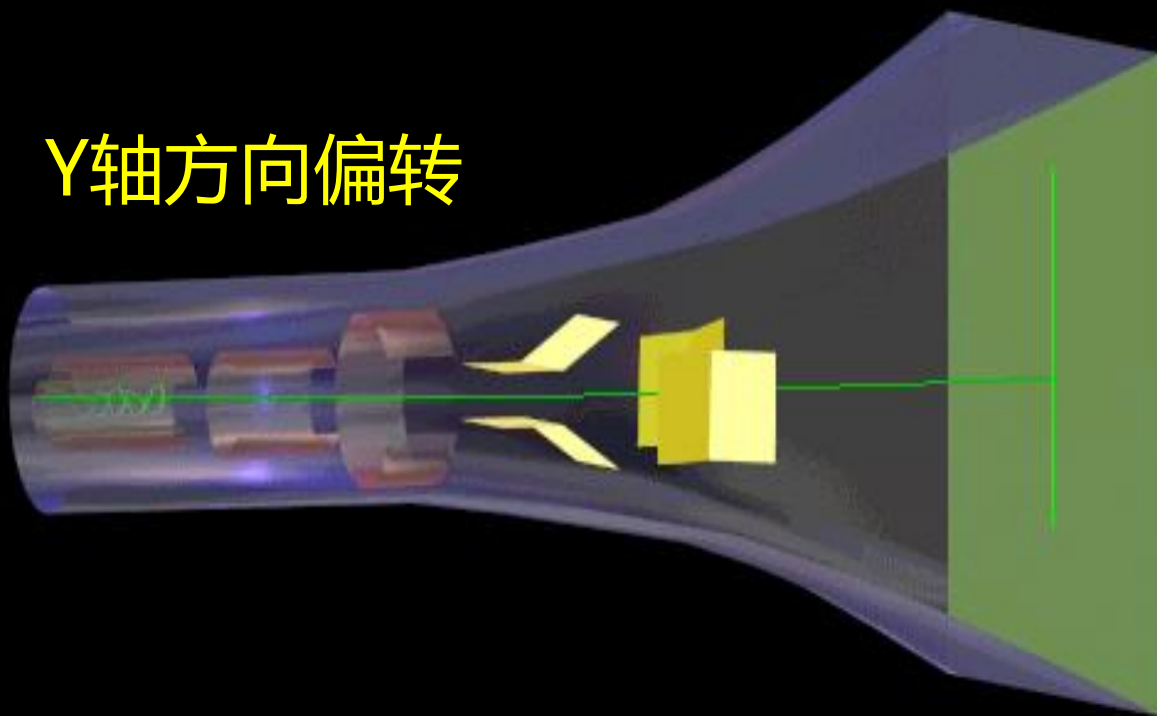
X轴方向偏转





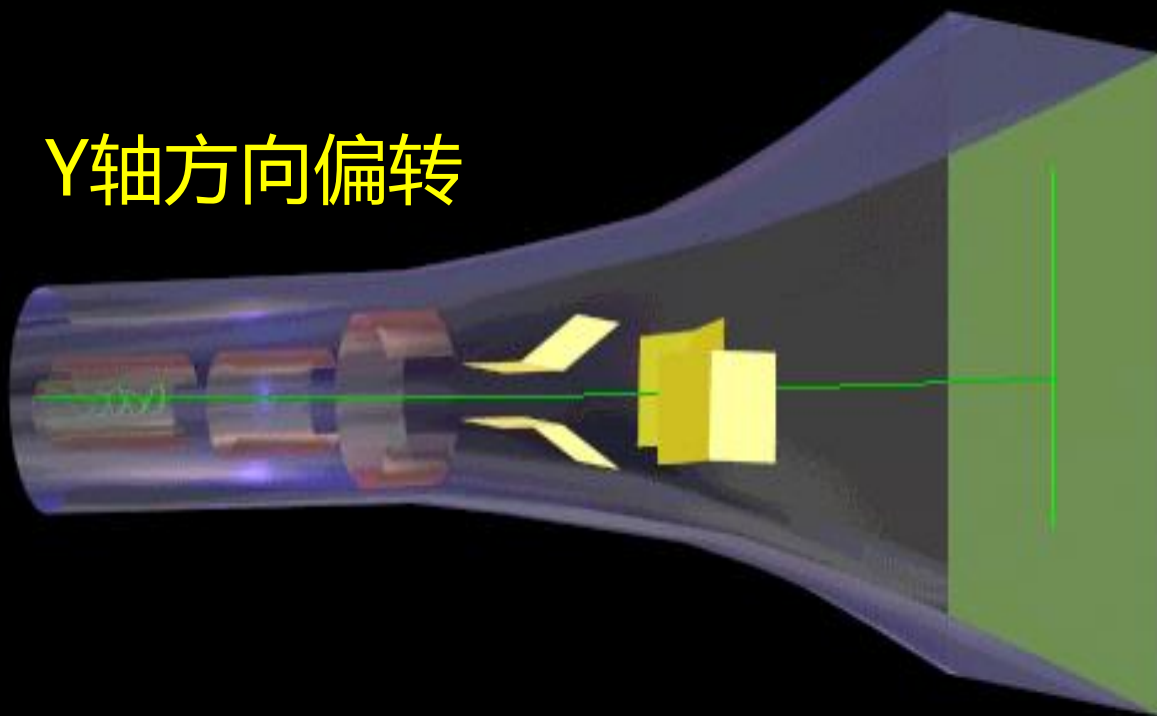
# 实验原理

Y轴方向偏转



# 实验原理

Y轴方向偏转



# 待测信号波形的显示 —— 扫描与同步

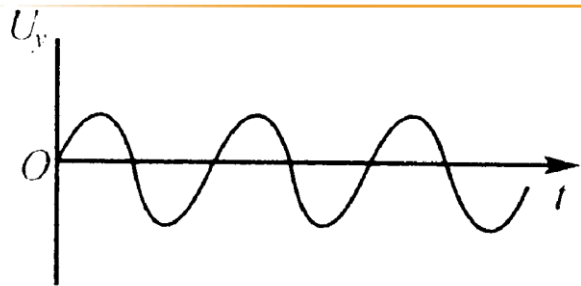
要观察加在Y轴上电压随时间变化的规律，必须同时在X轴上加上锯齿波电压，把Y轴信号产生的竖直亮线按时间展开，这个展开的过程叫“扫描”。

为了使屏上的图形稳定，必须使Y轴上电压和锯齿波电压频率、相位固定，并且它们的频率满足：

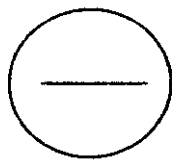
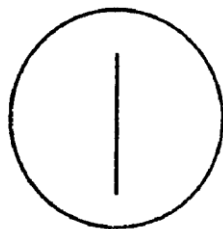
$$f_y/f_x=n, n=1, 2, 3...$$

式中 $n$ 为屏上显示的完整波形个数。这种使两者频率成整数倍关系且相位差恒定的调节过程称为“同步”。

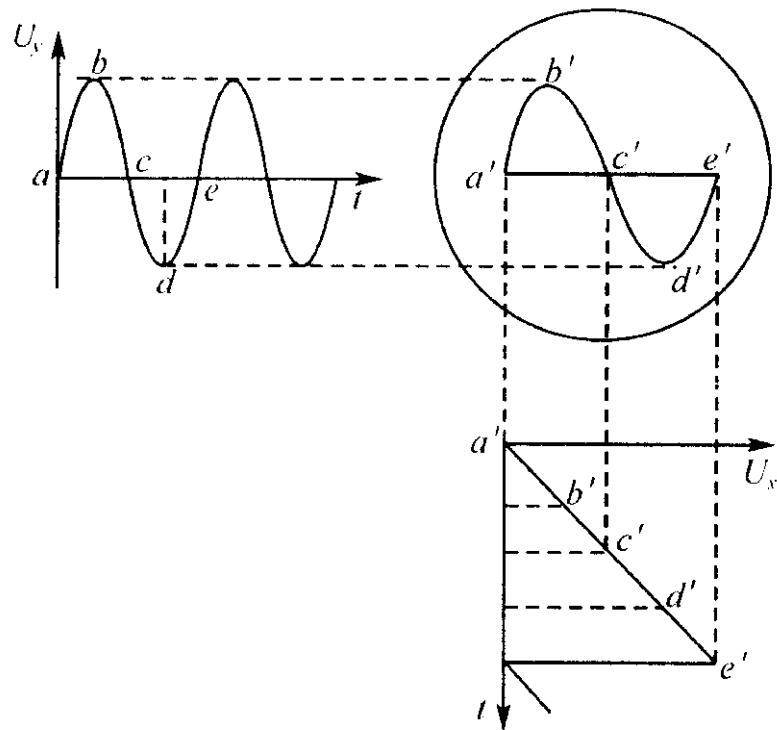
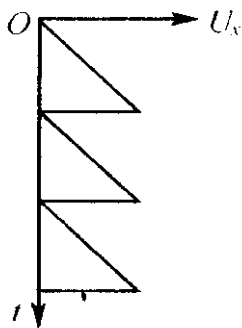
# 扫描原理



只在竖直偏转板上加  
正弦电压的情形



只在水平偏转板上  
加一锯齿波电  
压的情形

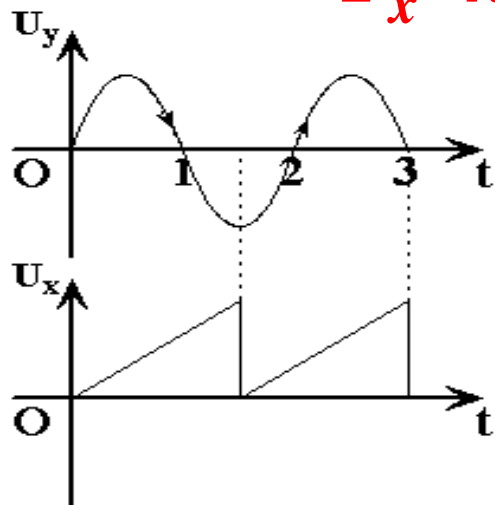


示波器显示正弦波原理图

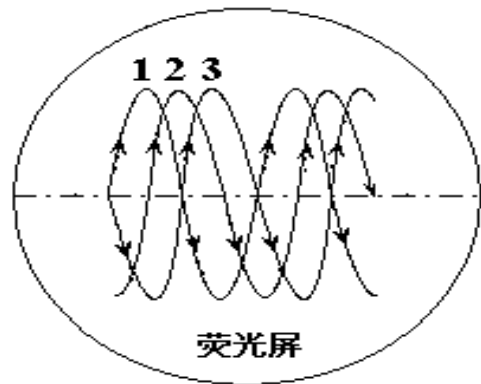
## ◆ 同步（整步）原理

要实现波形的稳定，一般要求锯齿波周期要和待测信号周期相等或者等于其 $n$ 倍，再由视觉残留，即可观察到一个稳定的波形。

$$T_x = nT_y$$

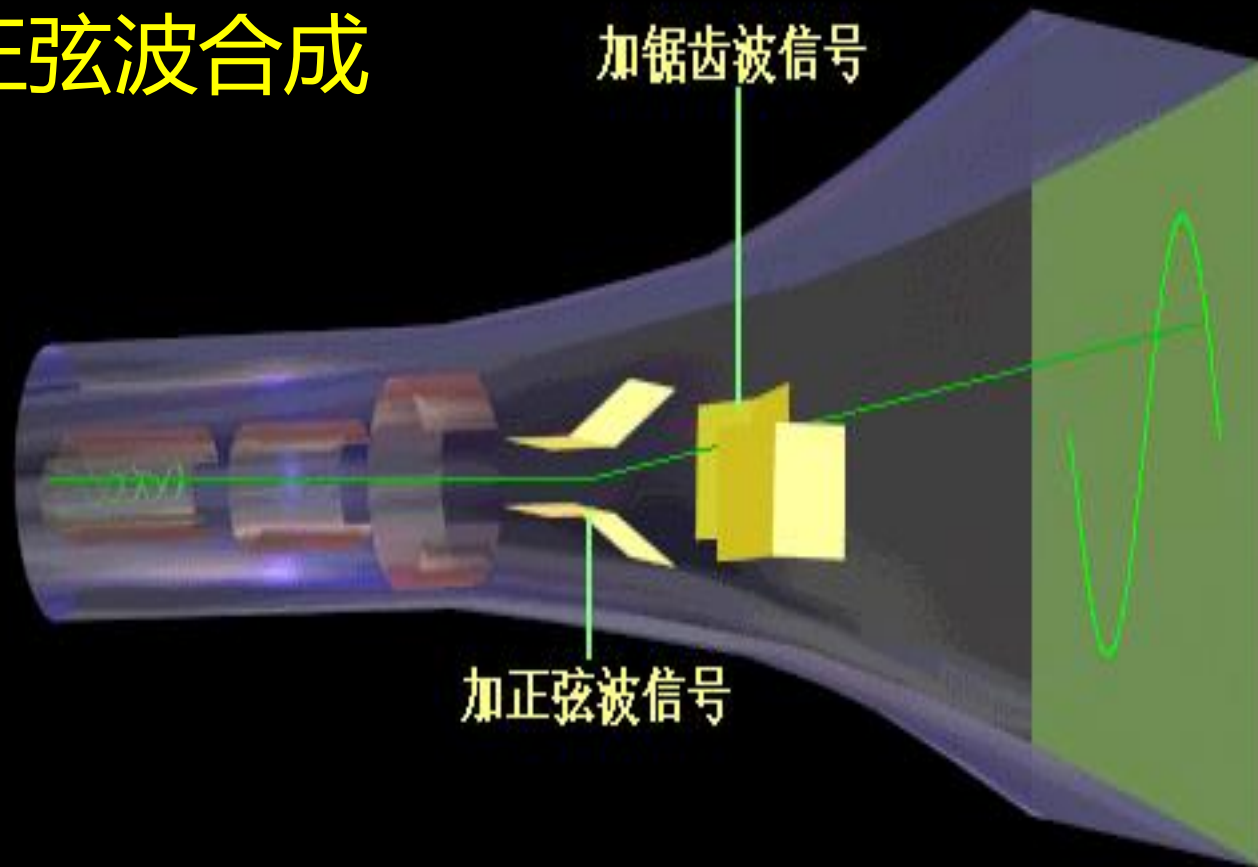


(a) X, Y分量波形



(b) 合成波形

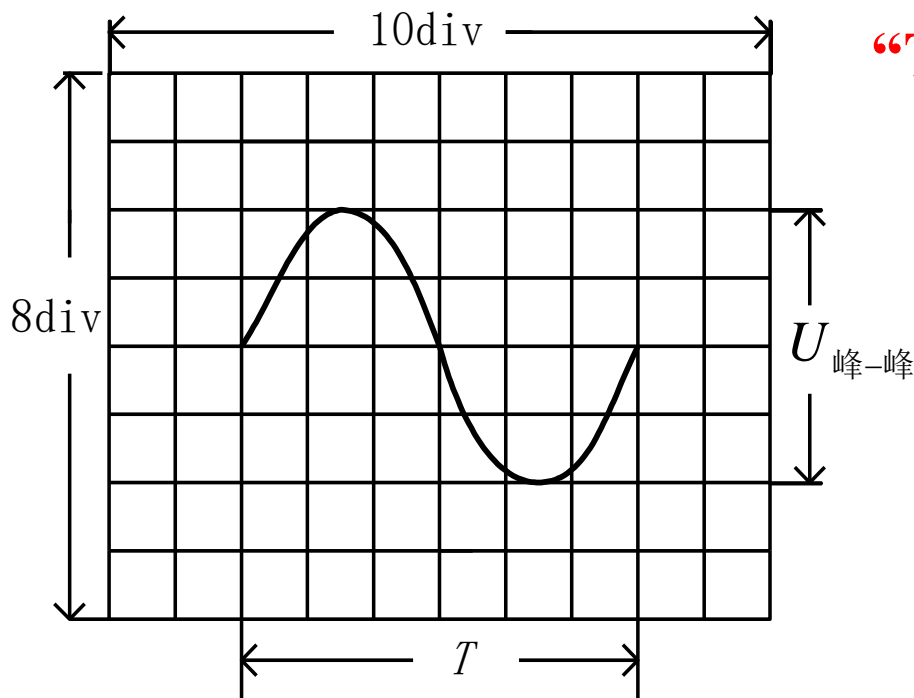
# 正弦波合成



# 测量正弦信号电压与周期

## 测量原理

假设：“V/div”档位置于 2V/div (2V/cm)



“TIME/div”档置于 0.5ms/div

$$\begin{cases} U_{pp} = Y \times \text{电压刻度 (V/div)} \\ T = X \times \text{时基刻度 (T/div)} \end{cases}$$

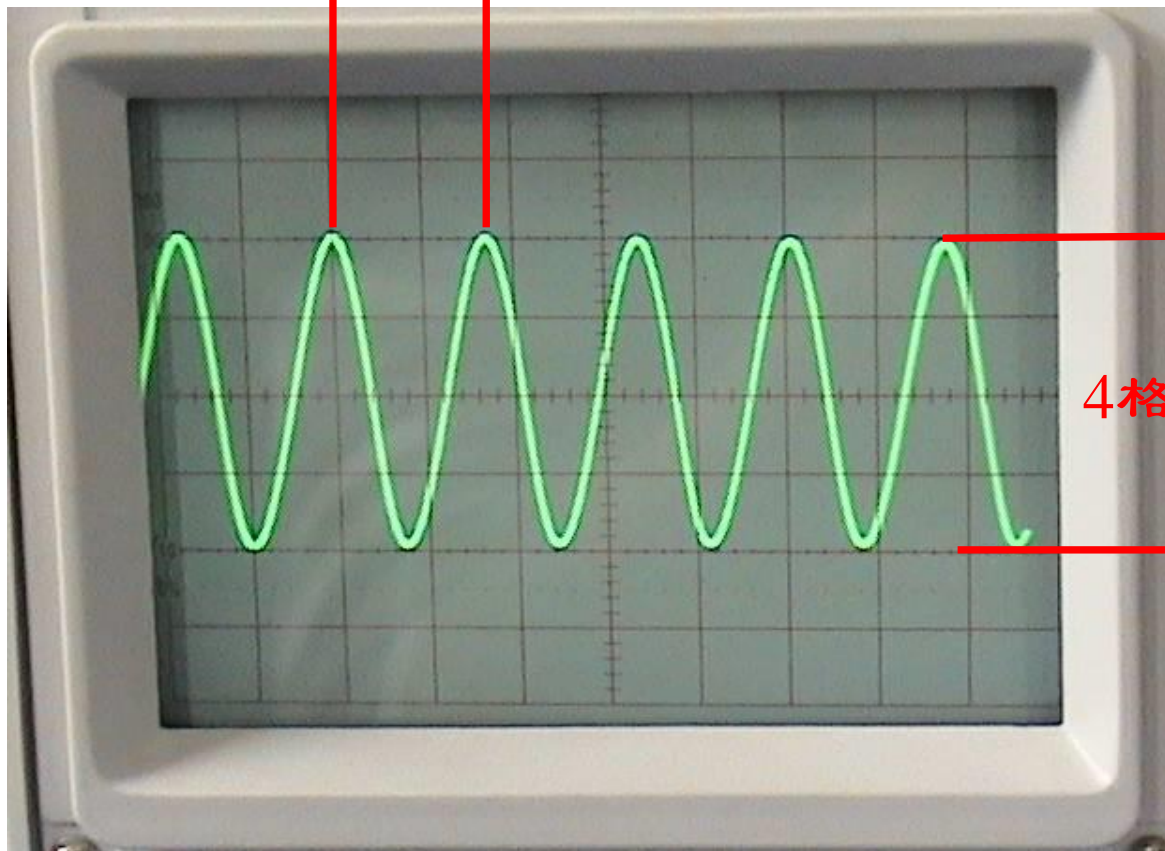
电压：  $U_{pp} = 2\text{V/div} \times 4.0 \text{ div} = 8.0 \text{ V}$

周期：  $T = 0.5\text{ms/div} \times 6.0 \text{ div} = 3.0 \text{ ms}$

频率：  $f = 1/T = 3.3 \times 10^2 \text{ Hz}$

1.6格

$$T=1.6\text{div} \times t/\text{div}$$



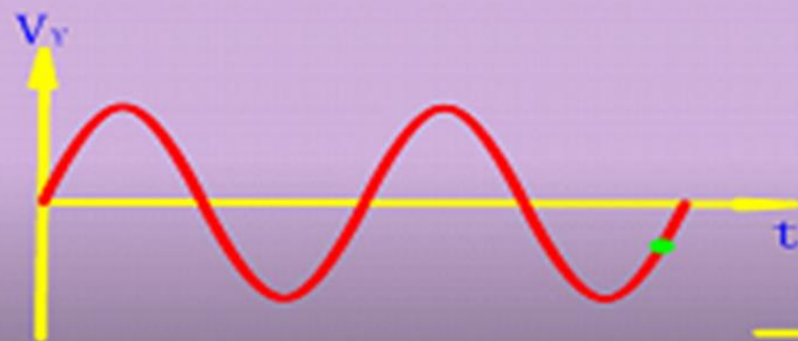
4格

$$U_{PP}=4.0\text{div} \times v/\text{div}$$

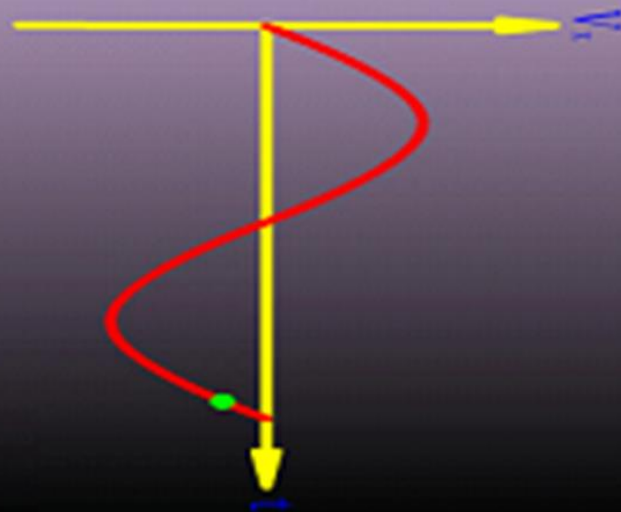


# 李萨如图形的观察

李萨如图形的形成原理



利用李萨如图形可以比较两个电信号的频率，如果知道其中一个电信号的频率，可用此法测定另一信号的频率。



## 李萨如图形的观察

---

李萨如图上的每一个点都可以用以下的公式进行表示

$$X=A_1\sin(\omega_1 t+\psi_1)$$

$$Y=A_2\sin(\omega_2 t+\psi_2)$$

李萨如图形实际上是一个质点同时在X轴和Y轴上作简谐运动形成的。

# 李萨如图形的观察

在示波器的X、Y输入端分别加上两个正弦电压信号，当两电压信号的频率成整数比时，光点将走一个特殊形状的轨迹，叫李萨如图。其图的形状由两信号频率比及相位差而定。

李萨如图中，水平切点数与竖直切点数之比恰好与频率成反比，即

$$f_y : f_x = n_x : n_y$$

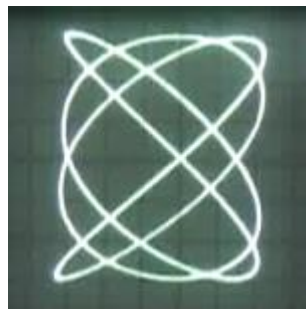
$n_x$  为X轴上切点个数

$n_y$  为Y轴上切点个数

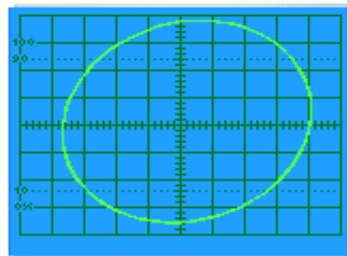
# 李萨如图形的观察



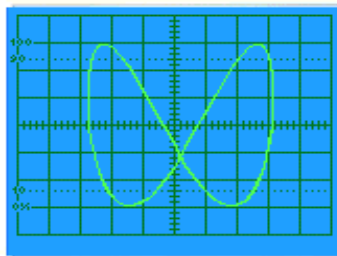
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{N_x}{N_y} = \frac{2}{3}$$



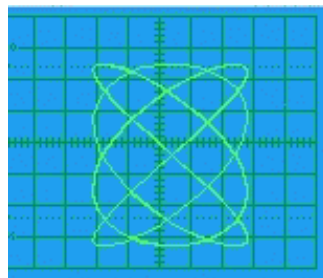
$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{N_x}{N_y} = \frac{3}{4}$$



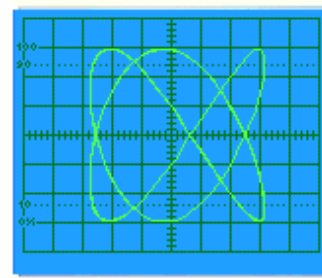
$$f_x : f_y = 1:1$$



$$f_x : f_y = 1:2$$




















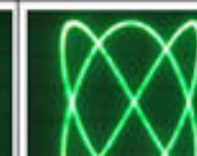


$$f_x : f_y = 4:3$$



$$f_x : f_y = 2:3$$

# 李萨如图形的观察

相位差	$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ$
频率比 1:1					
频率比 1:2					
频率比 1:3					
频率比 2:3					

当两个信号的频率比相同时，李萨如图形的形状还与两个信号频率的相位差有关。

# 实验仪器

双踪示波器

校准  
信号

辉度  
旋钮

聚焦  
旋钮

信道CH1

信道CH2

外界输入信号  
本实验不用

输出信号



信号发生器





# 实验仪器

CH1信号调节区：  
可调信号垂直位置  
以及信号幅值

可切换示波器屏幕  
上的显示信号CH1，  
CH2，双信号等

CH1，CH2信号的  
幅值粗调旋钮

CH1，CH2信号  
的幅值细调旋钮

可调CH1，CH2  
信号的垂直位置

X-Y控制键，观察  
李萨如图形时用

可调CH1，CH2  
信号的水平位置

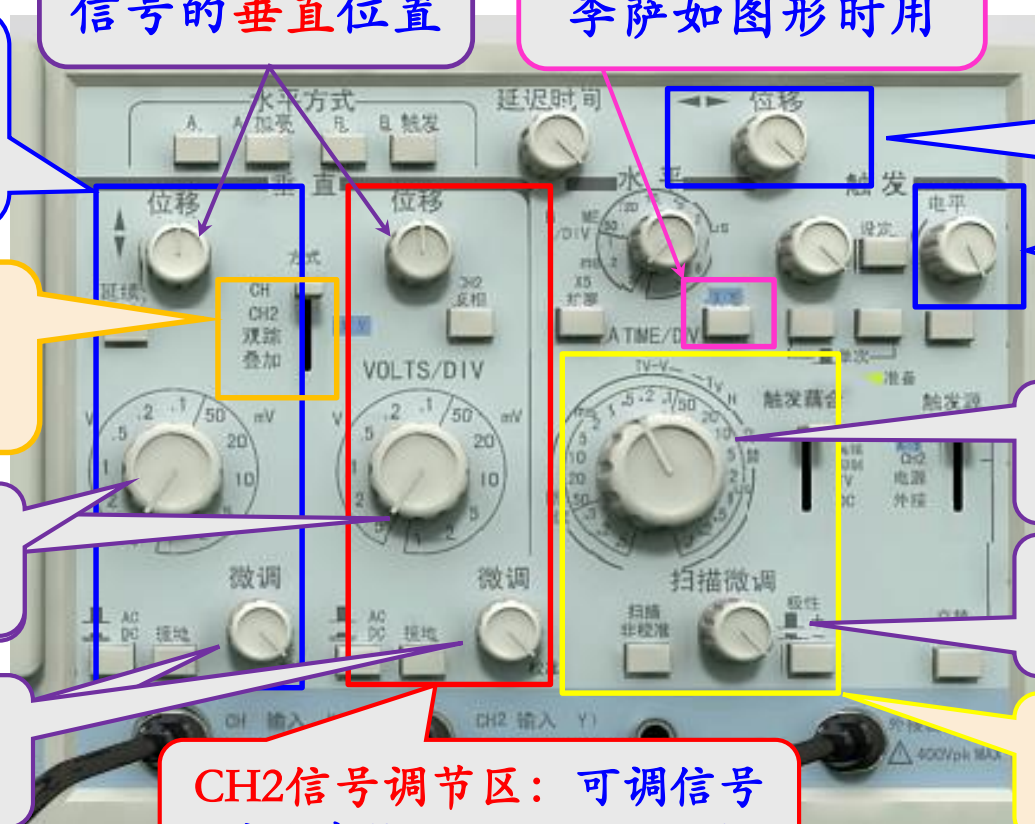
可调CH1，  
CH2信号稳定

CH1，CH2信号  
时间粗调旋钮

CH1，CH2信号  
时间微调旋钮

CH1，CH2信号  
的时基调节按钮

CH2信号调节区：可调信号  
的垂直位置以及信号幅值



# 实验仪器 — 信号发生器



频率档选择开关

选定频率档后，如“ $\times 1k$ ”，可以调节此旋钮获得一定范围内的频率（200~2000 Hz）

波形选择按钮，正弦波、锯齿波、方波

对称性调节旋钮：调节此旋钮可改变输出信号的对称性。当电位器处在关闭或者中心位置时，则输出对称信号。



# 实验内容

## 1. 示波器校准

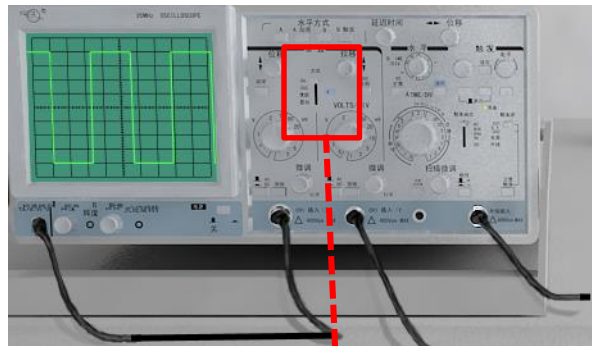
(1) 如右图所示，将示波器校准信号与示波器 CH1 信道相连，**选择CH方式**。校准信号是周期为1KHz，峰峰值为 4V 的对称方波信号。

(a) 调节电平旋钮，使信号稳定。

(b) 调节示波器聚焦旋钮和辉度旋钮使示波器显示屏中的信号清晰。

(c) 调节 CH1 幅度调节旋钮和 CH1 幅度微调旋钮，校准信号显现为峰峰值为 4V。

(d) 调节示波器时间灵敏度旋钮和扫描微调旋钮，校准信号周期显示为 1KHz，如上图所示。



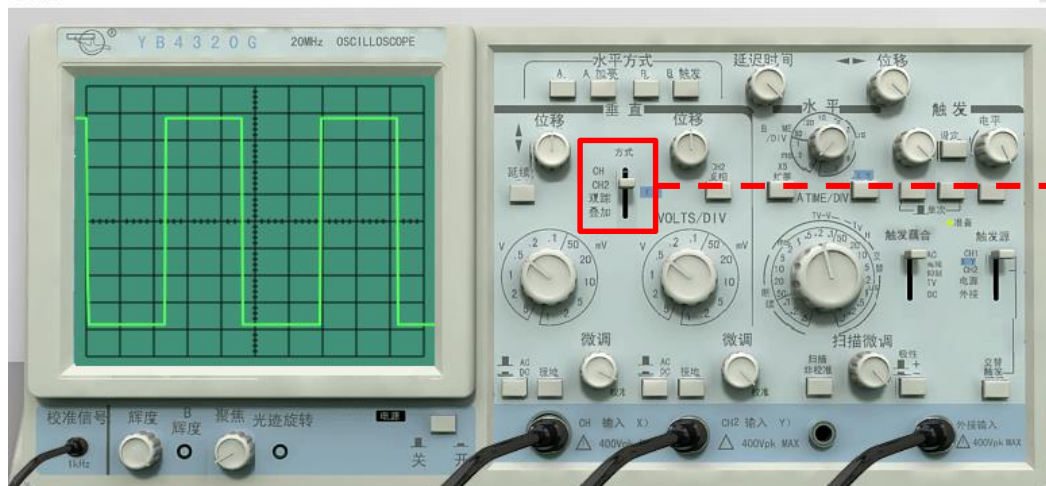
注意：如果看不清示波器上的旋钮，可以使用“win+”放大镜进行观察。

# 实验内容

## 1. 示波器校准

(2) 将示波器校准信号与示波器 CH2 信道相连，**选择CH2方式**，用相同方法对CH2 信号进行校准。

示波器



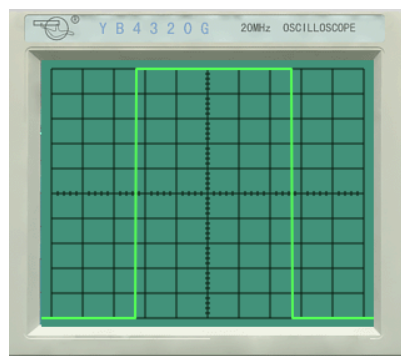
注意：如果看不清示波器上的旋钮，可以使用“win+”放大镜进行观察。

# 实验内容

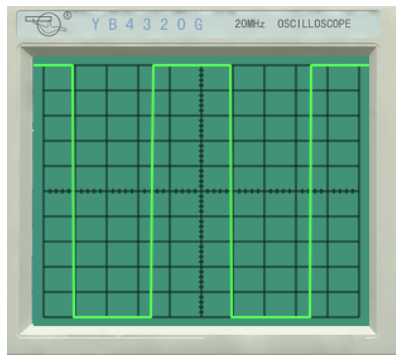
## 2. 测量示波器输出的方波信号

选择时基分别为0.1, 0.2, 0.5 ms/cm , 如下图所示。

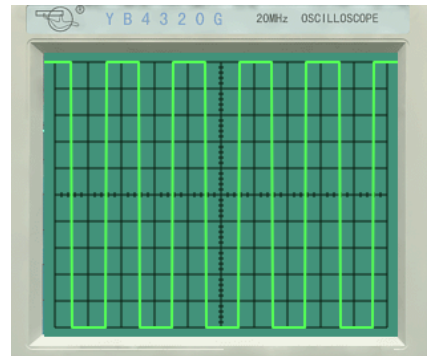
可以使用“win+” 放大镜进行按钮选择。



0.1ms/cm



0.2ms/cm



0.5ms/cm



将方波信号的时基和记入右侧表1



方波信号(单位HZ)

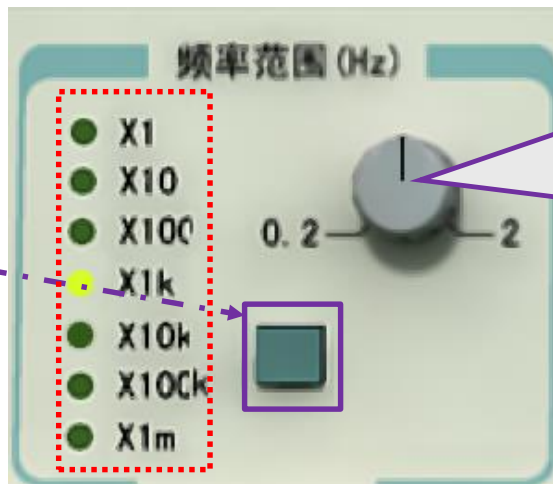
序号:	1	2	3
选择时基(ms)			
方波			
厘米数			
周期(ms)			
频率(Hz)			

一个周期

## 实验内容

3. 选择信号发生器的对称方波接 Y 输入(幅度和 Y 轴量程任选), 信号频率为 200Hz~2kHz(每隔 200Hz 测一次), 选择示波器合适的时基, 测量对应频率的厘米数、周期和频率。

频率调节按钮：可对红色矩形框内的频率进行选择，当前选择频率为“1K (1000Hz)”



频率微调旋钮：例如选择“1K (1000Hz)”，可以在200-2000Hz之间选择频率。

将相关数据记入下列表2

[illegible]

# 实验内容

4. 选择信号发生器的非对称方波接 Y 轴，频率分别为 200, 500, 1K, 2K, 5K, 10K, 20K (Hz) 测量各频率时的周期和方波的宽度。

波形选择按钮：

方波、锯齿波、  
方波，当前波  
形为“方波”



对称性调节旋钮：电位器处在关闭或者中心位置时，则输出对称信号。电位器处于其他状态则输出非对称波

# 实验内容

调节信号发生器中的 **SYM** 旋钮，使信号发生器输出非对称方波（占空比任意），**SYM** 旋钮在调节的最中间时为对称方波。当选择示波器合适的时基，调节时间灵敏度旋钮。**测量信号频率以及示波器显示的频率的厘米数、周期等**。同时把示波器上的方式拨动开关调到 CH2 档上，并按下 CH2 的 AC-DC 按钮，使 CH2 中的信号全部显示。以 1K（Hz）为例，如下图所示：



序号:	1	2	3	4	5	6
已知频率(Hz)						
时基(ms)						
厘米数						
周期(ms)						
频率(Hz)						
正波宽度 厘米数						
正波时宽(ms)						



将相关数据记入表3

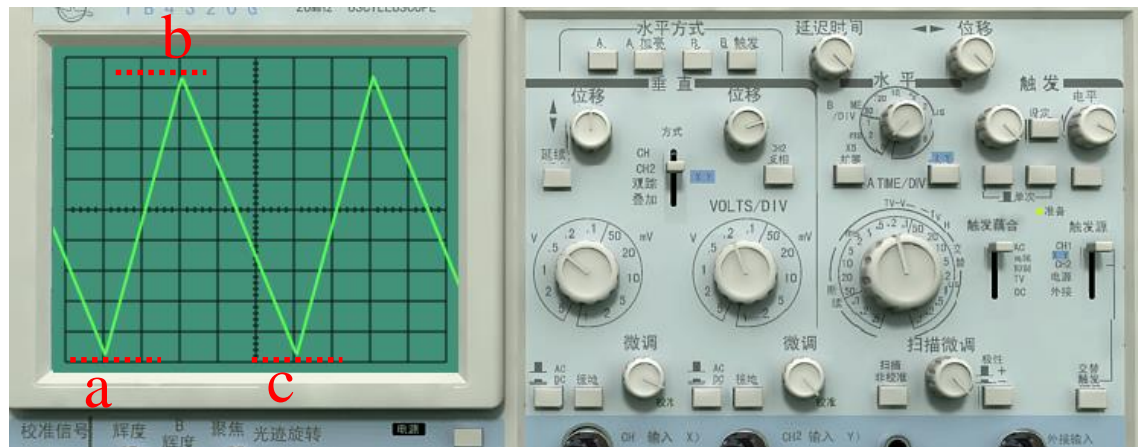


# 实验内容

5. 改变信号发生器输出波形为三角波，频率为 500Hz、1kHz、1.5kHz、2kHz，测量各个频率时的上升时间，下降时间和周期。

上升时间：a→b

下降时间：b→c



将相关数据记入表4

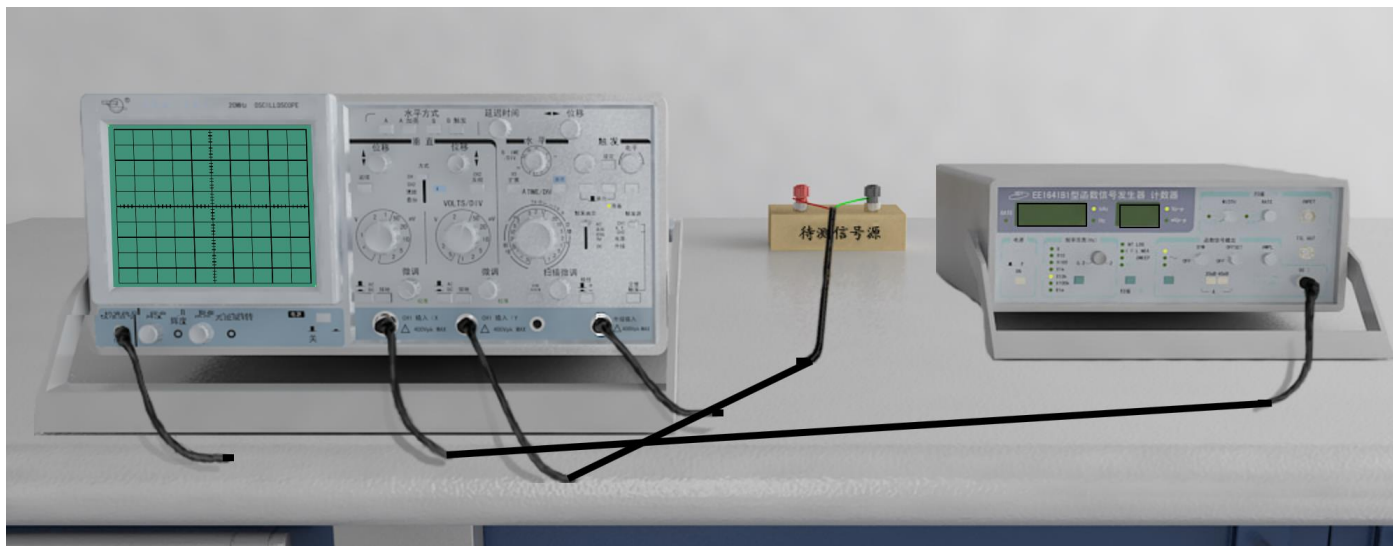


序号:	1	2	3	4
已知频率(Hz)				
三角信号上升时间(ms)				
三角信号下降时间(ms)				
三角信号周期(ms)				

# 实验内容

## 6. 观察李萨如图形并测频率

将信号发生器和待测信号源分别接 X轴和 Y轴，接线界面如下：

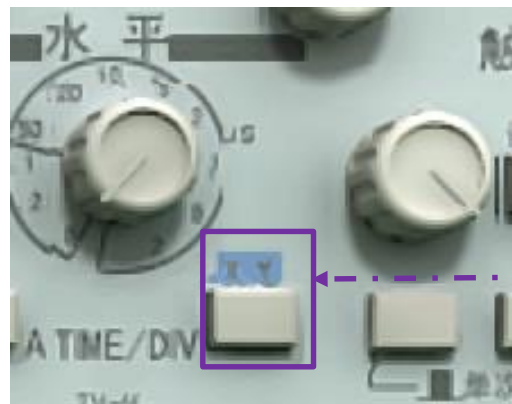


信号发生器输出为正弦波，调节信号发生器的频率，**示波器中的“X-Y”按钮按下**，**方式调节到 CH1**，**触发源选择 CH2**（（或**方式调节选CH2**，**触发源选 CH1**），观察李萨如图形。



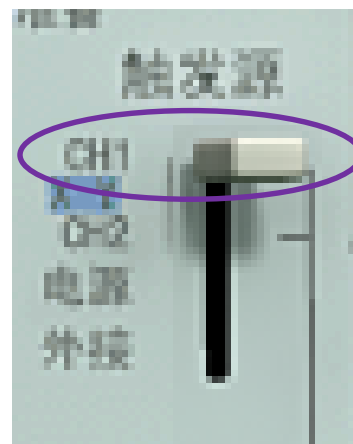
# 实验内容

例如：将示波器中的“X-Y”按钮按下，方式调节到CH2，触发源选择CH1，如下图所示。



**X-Y控制键：**

观察李萨如图形时按下  
“X-Y”键



要求频率之比分别为 $f_x/f_y = 1$ ,  $f_x/f_y = 1/2$ ,  $f_x/f_y = 2$ 。

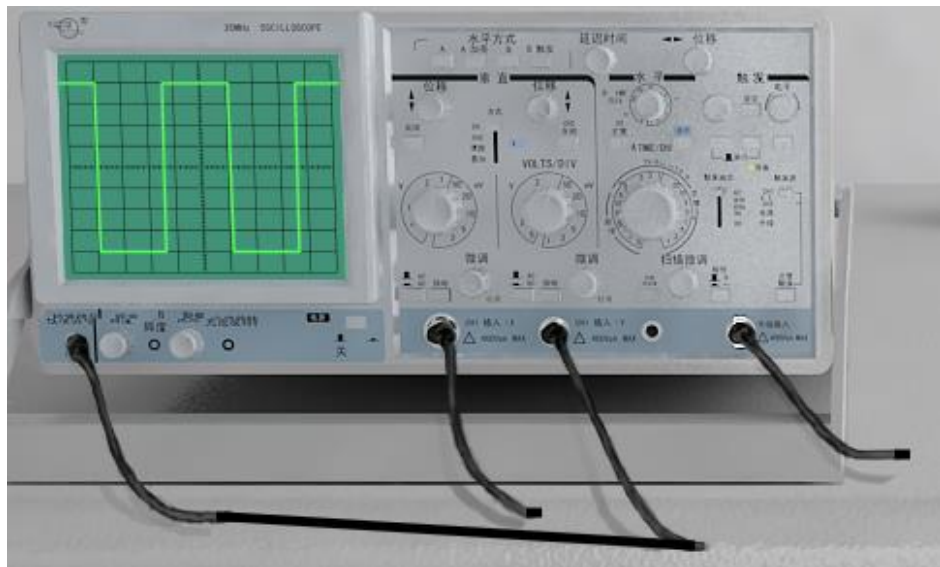
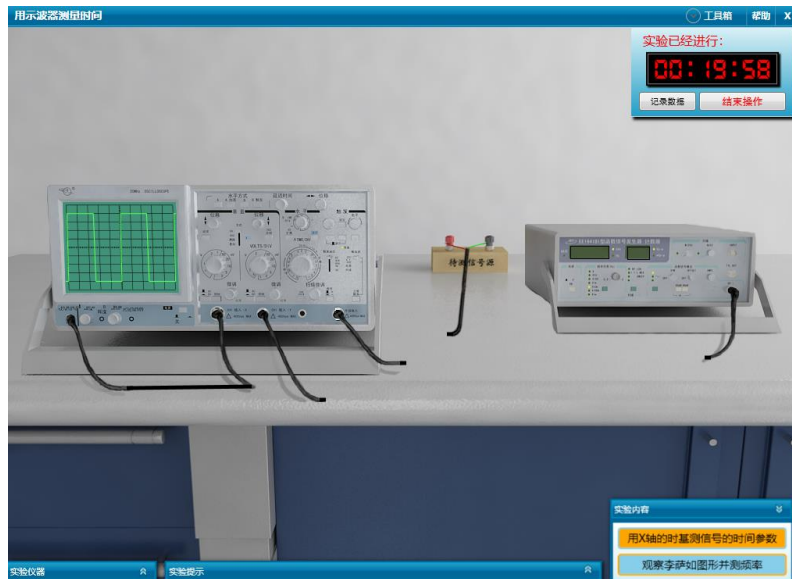
将相关数据记入表5



李萨如图形			
序号:	1	2	3
$f_x/f_y$			
信号发生器频率(单位HZ)			

# 截图要求

## 1. CH1和CH2信道信号校准截图

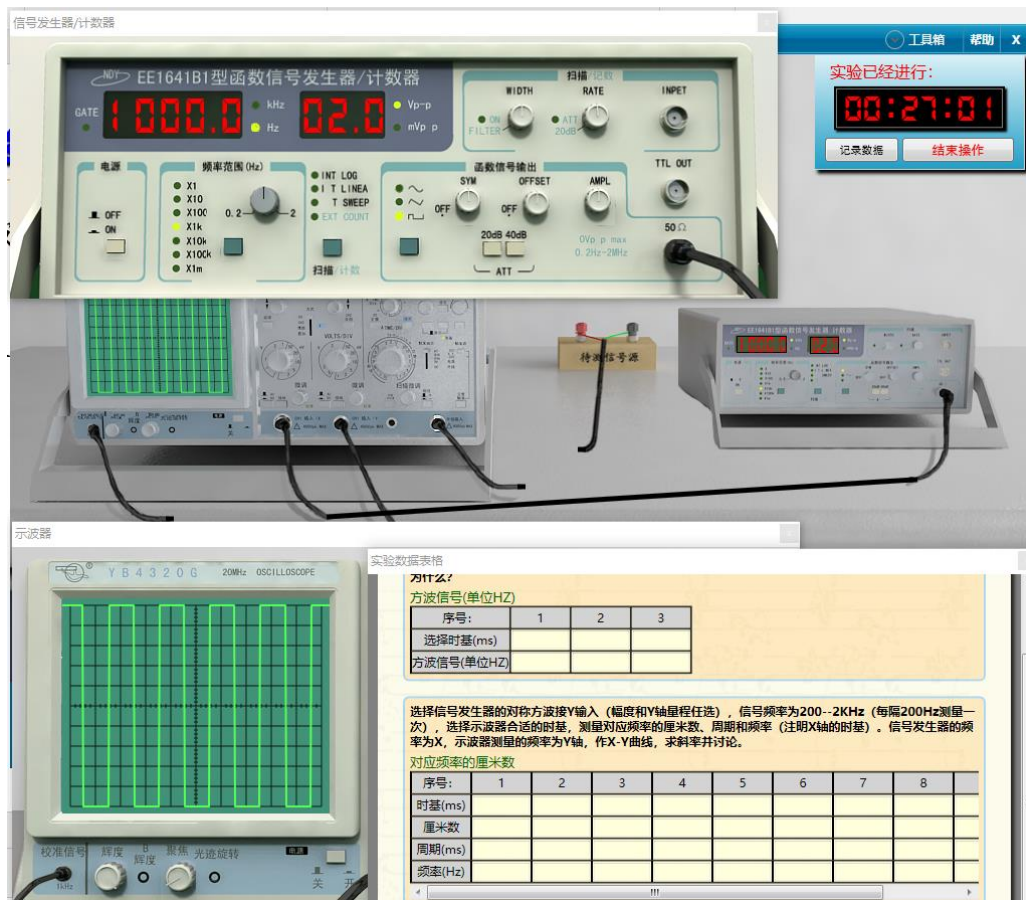


截图含**右上角的实验时间**和**右下角的日期和时间**。

## 截图要求

## 2. 测量示波器输出的方波信号截图

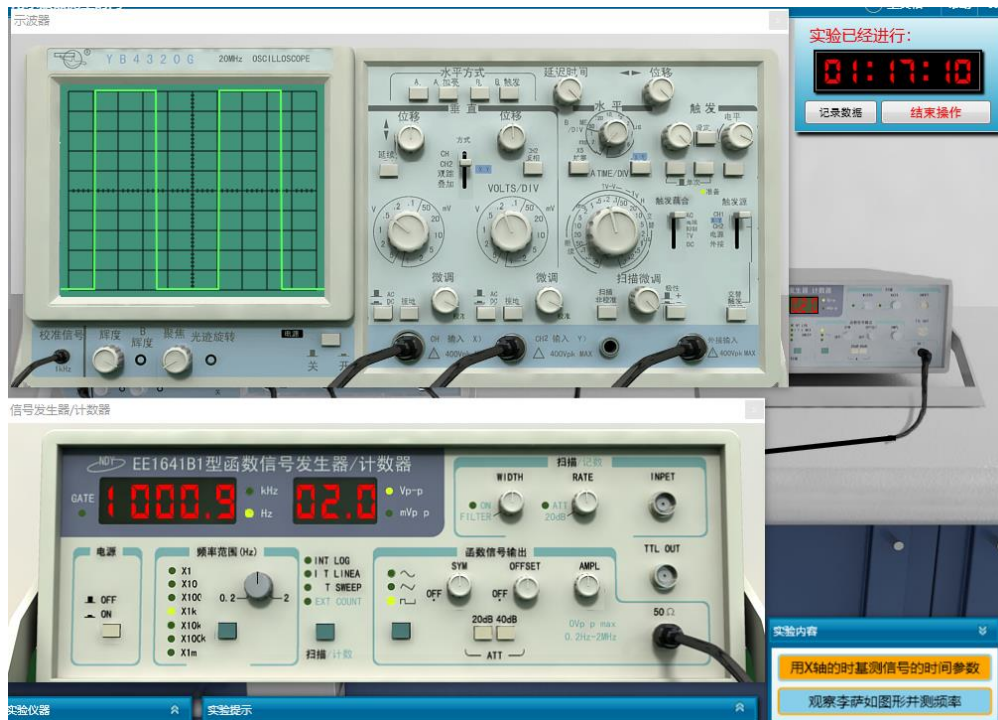
截图含右上角的  
实验时间和右下  
角的日期和时间。



# 截图要求

## 3. 对称方波截图（频率在 200Hz~20kHz 范围）

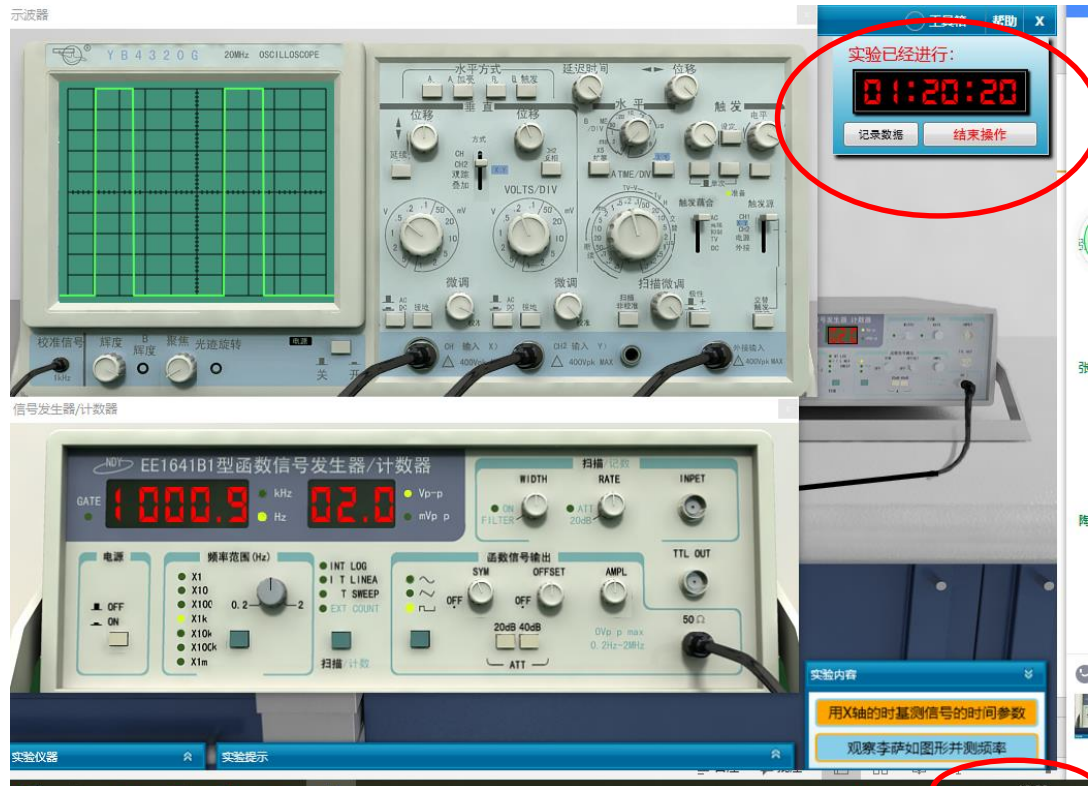
截图含右上  
角的实验时  
间和右下角  
的日期和时  
间。



# 截图要求

## 4. 非对称方波截图（频率在 200Hz~20kHz 范围）

截图含  
右上角  
的实验时间  
和  
右下角的日期  
和时间。

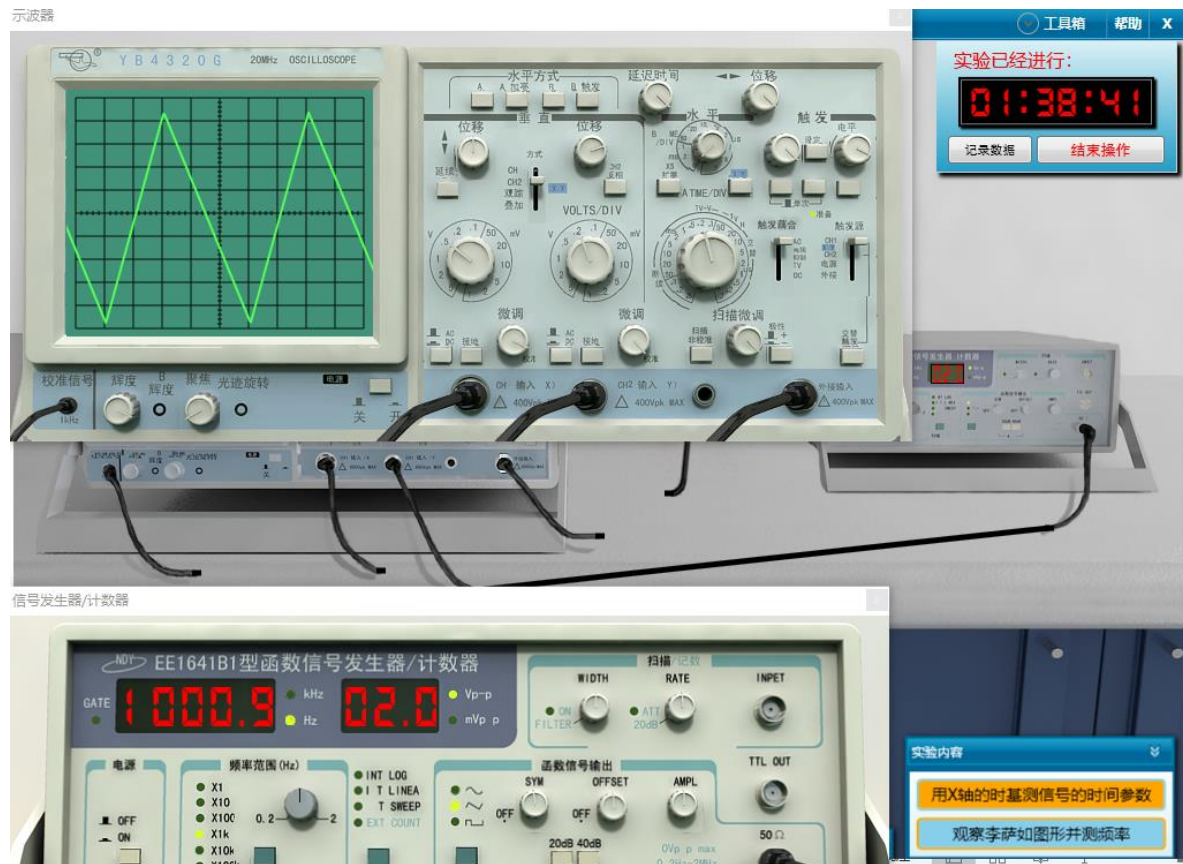




# 截图要求

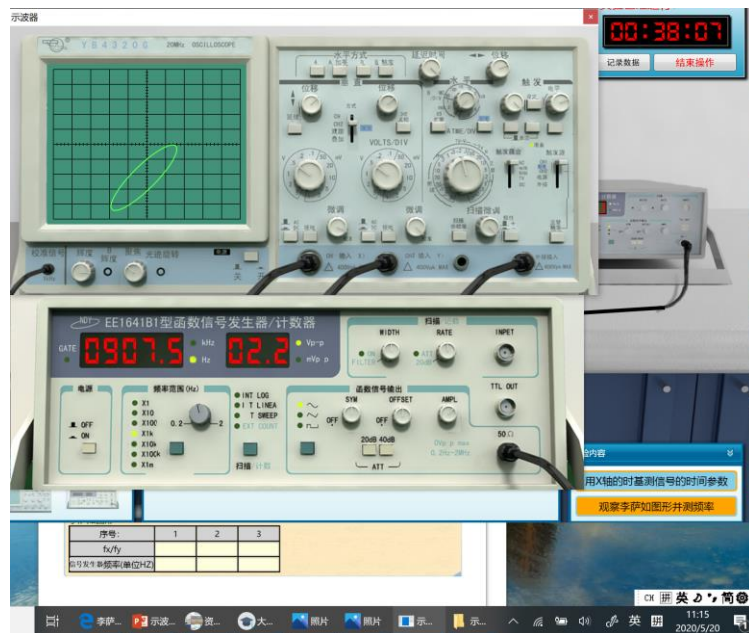
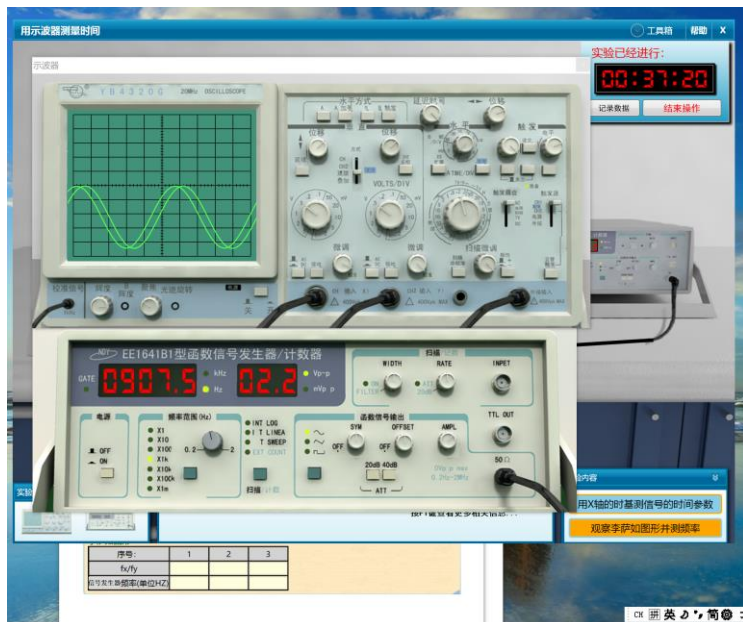
5. 三角波截图 (频率为 500Hz、1kHz、1.5kHz, 2kHz 中的一个)

截图含**右上角的实验时间**和**右下角的日期和时间**。



# 截图要求

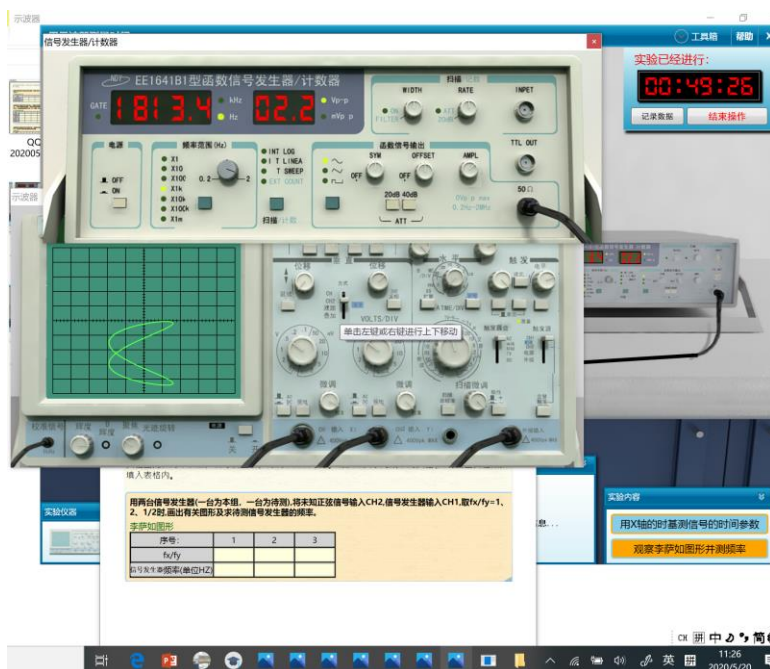
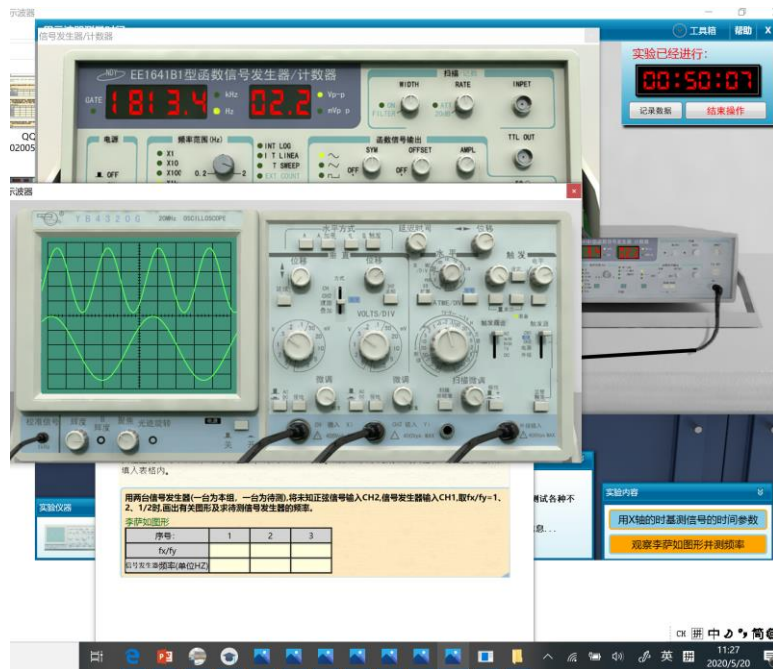
6. 观察李萨如图形的截图(含右上角的实验时间和右下角的日期和时间。)



$f_X/f_Y=1$ : 双踪显示两列波, X-Y 显示李萨如图形。窗口和表格如图例。

# 截图要求

6. 观察李萨如图形的截图(含右上角的实验时间和右下角的日期和时间。)

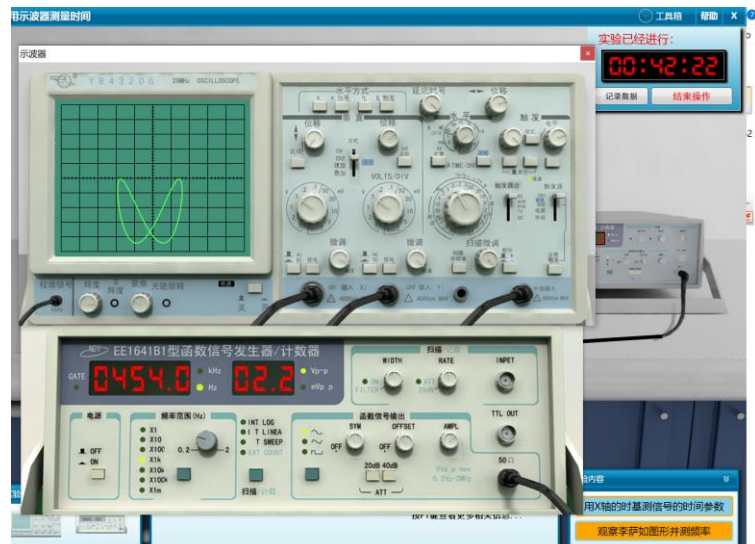
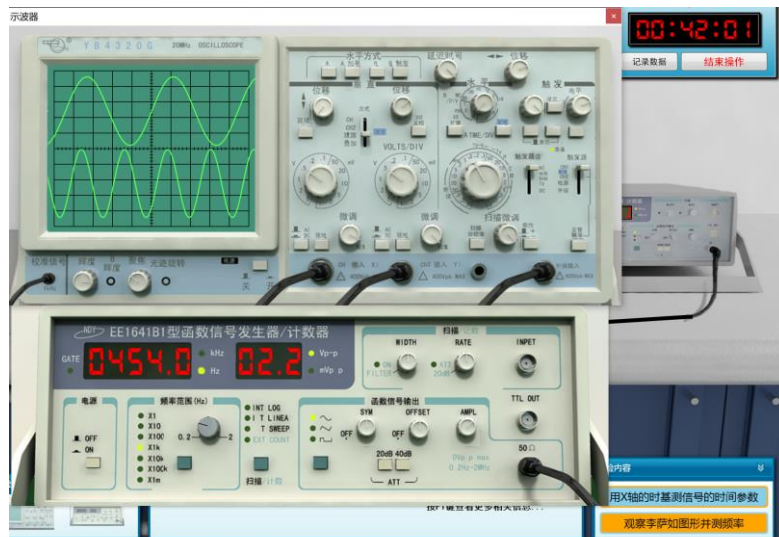


$f_x/f_y=2$ : 双踪显示两列波, X-Y 显示李萨如图形。窗口和表格如图例。



# 截图要求

6. 观察李萨如图形的截图(含右上角的实验时间和右下角的日期和时间。)



$f_X/f_Y=1/2$ : 双踪显示两列波, X-Y 显示李萨如图形。窗口和表格如图例。

# 数据处理

---

本实验要求在坐标纸上描绘李萨如图形。