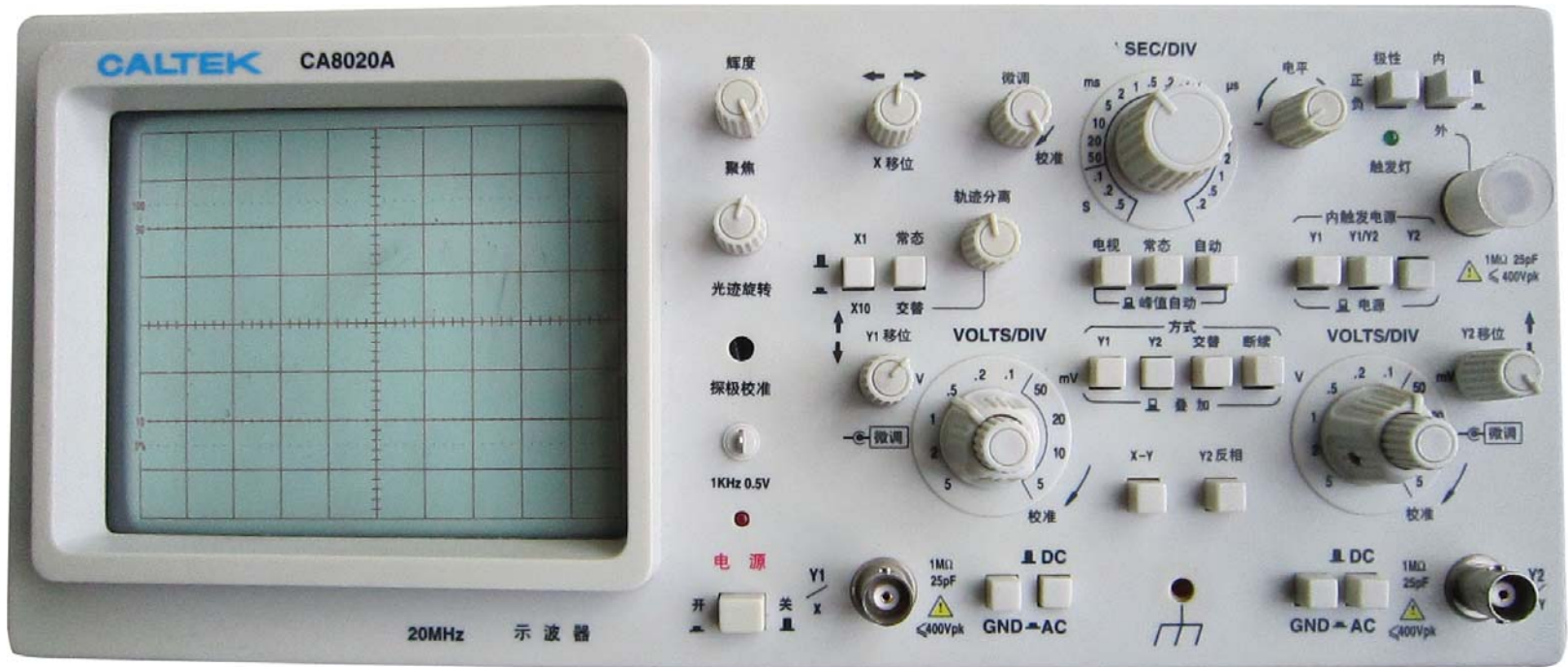




2.4 示波器的原理与使用





实验简介

示波器是用来观测信号波形的一种电子测量仪器。它能直接观察**电信号**的波形，也能测定电压信号的幅度、周期、频率等参数。配合各种传感器，它可用来观测**非电学量**(如压力、温度、磁感应强度、光强等)随时间的变化过程。

示波器的电路比较复杂，不属于本实验的讨论范围，这里仅限于学习**示波器的基本使用方法**。



实验目的

1. 了解示波器的工作原理和使用方法；
2. 学习用示波器测量电压和频率；
3. 观察李萨如图形，学习信号发生器的使用。



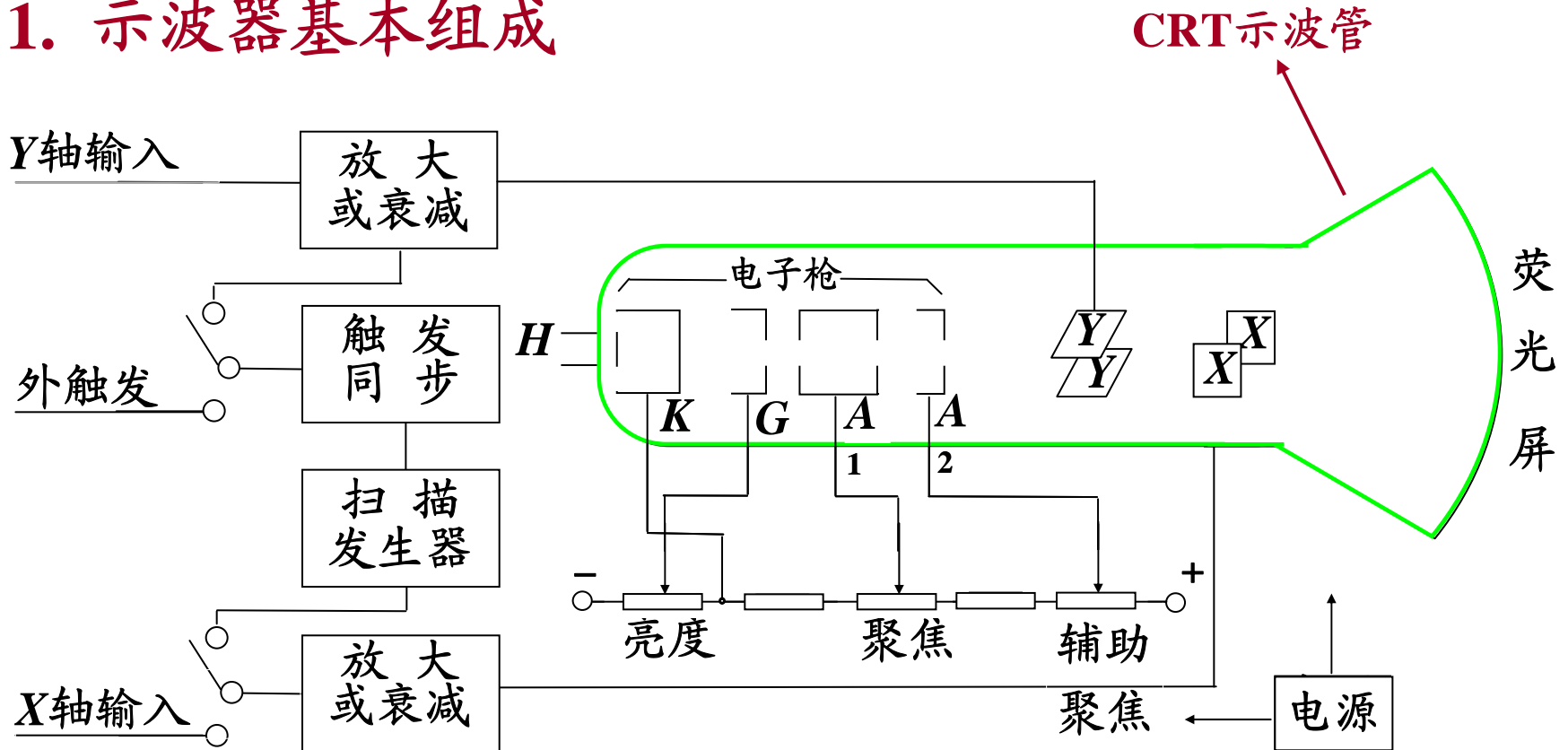
实验仪器

1. 双踪示波器（CA8020A型，测频仪器误差3%，测电压仪器误差3%）；
2. 函数信号发生器（CA1640-02型，测频仪器误差取其末位数最小分度单位，电压显示误差20%）



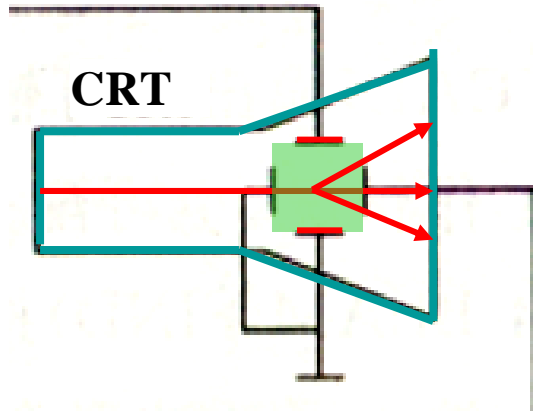
实验测量原理

1. 示波器基本组成

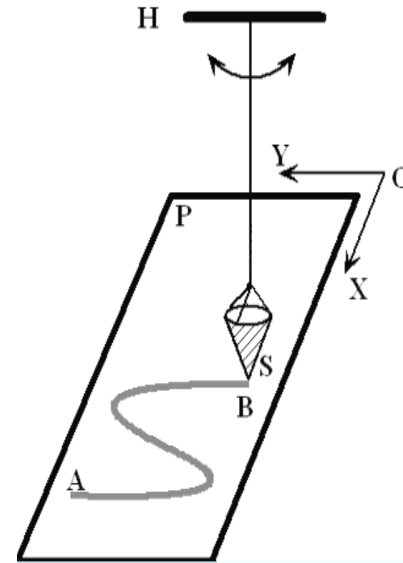




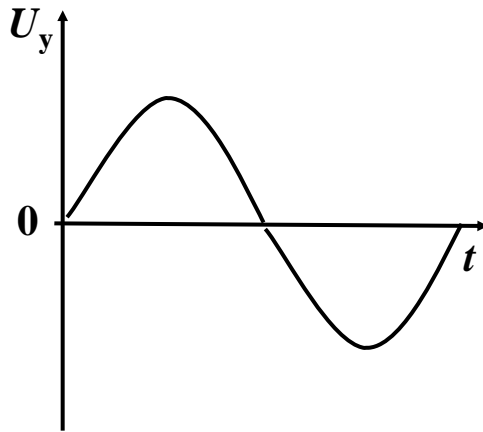
2. 交流信号波形原理



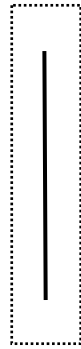
示波管成像原理



沙斗实验

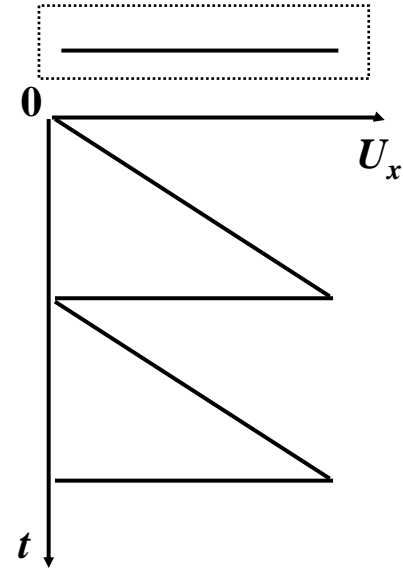


(a)



(b)

如果在竖直偏转板(Y轴)上加一交变的正弦电压,如图(a)所示,则电子束打出的亮点将随电压的变化在竖直方向来回运动,如果电压频率较高,则看到的是一条**竖直亮线**,如图(b)所示。

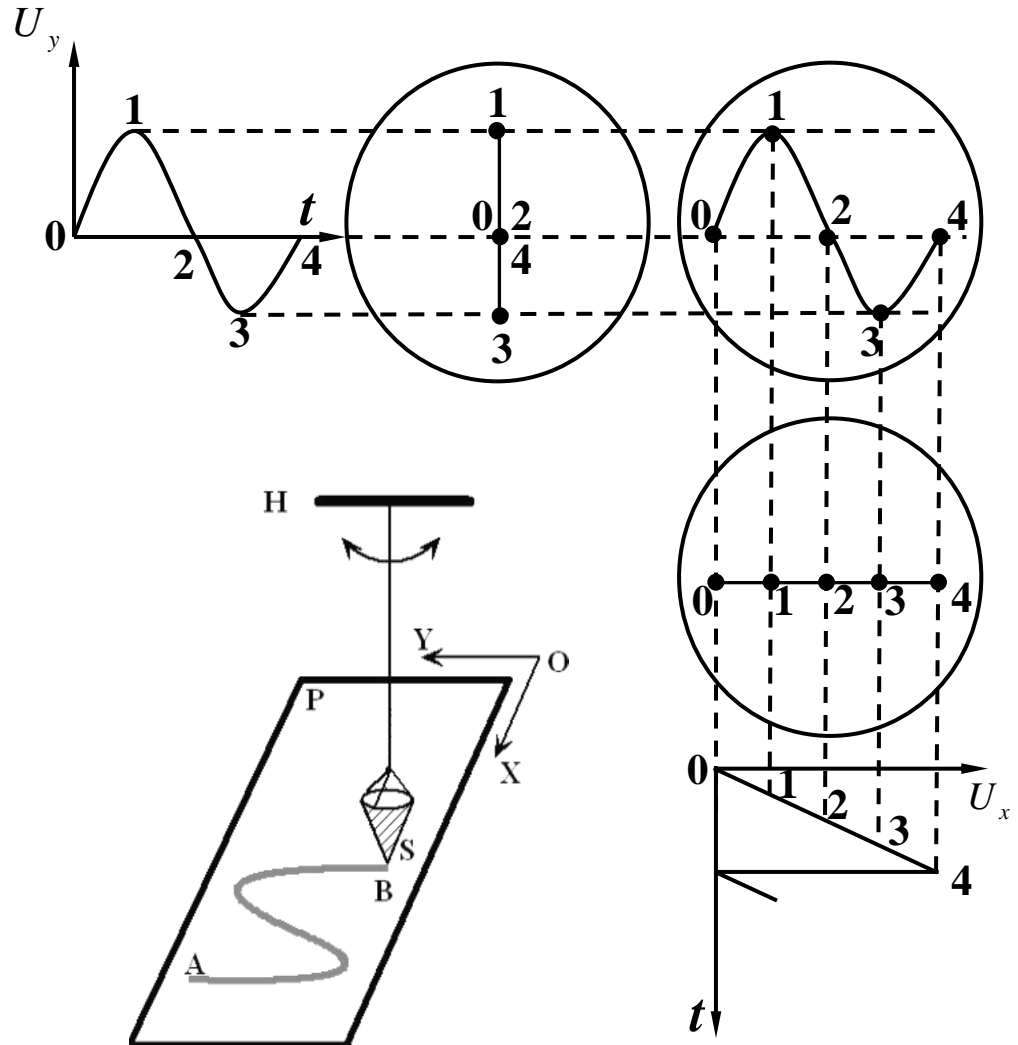


(c)

想显示波形,必须同时在水
平偏转板(X轴)上加一**扫描电
压**,使电子束打出的亮点沿水
平方向拉开。扫描电压随时间
变化的曲线形同“锯齿”,故称
锯齿波电压,如图(c)所示。

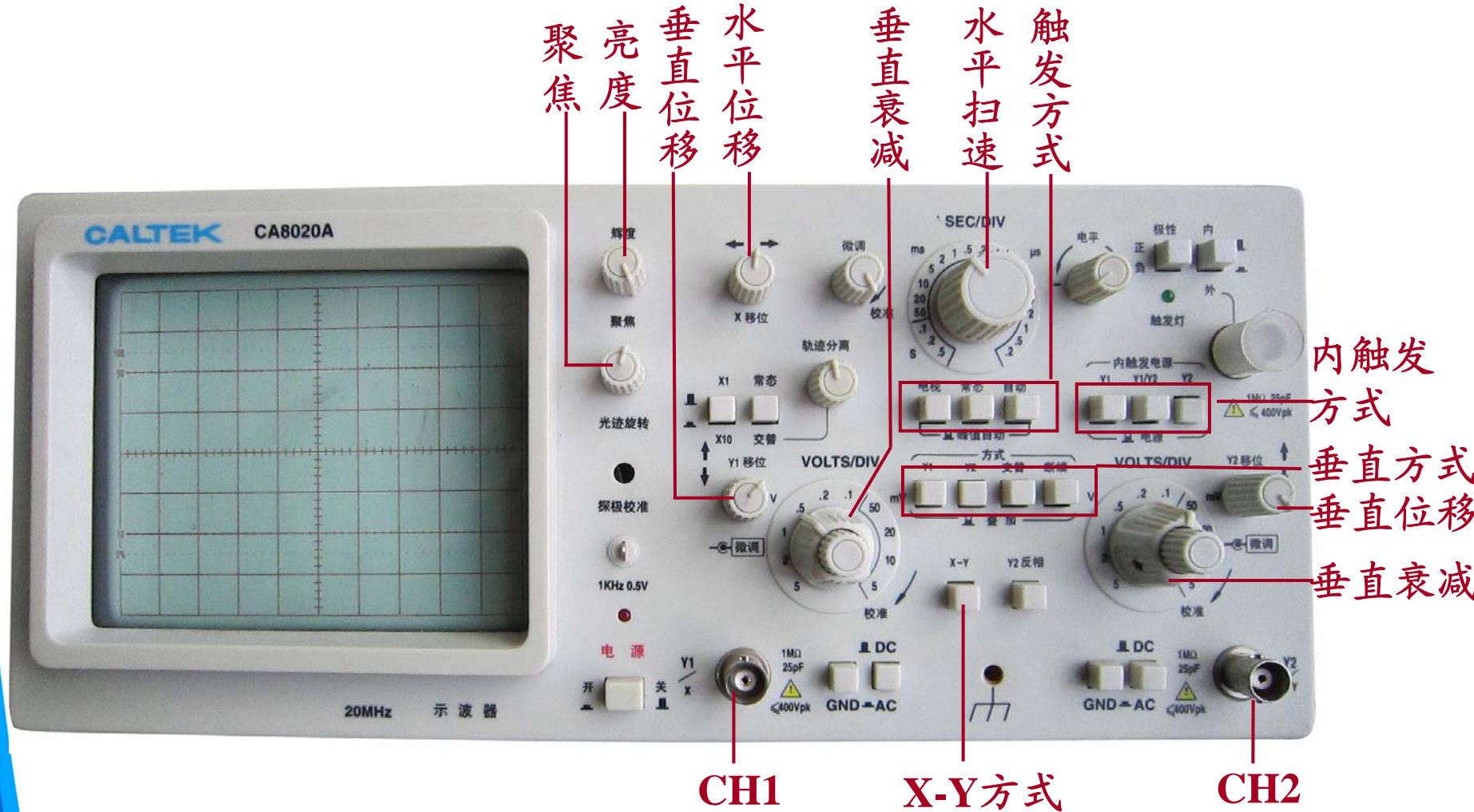


X 轴锯齿电压使电子束产生水平向的周期扫描，使得显示屏上的水平坐标变成了**时间坐标**，那么 Y 轴输入的以时间为周期变化的被测信号就在 X 轴上进行了展开，荧光屏上显示出的波形就是 Y 轴周期变化的电压信号的**波形图**。



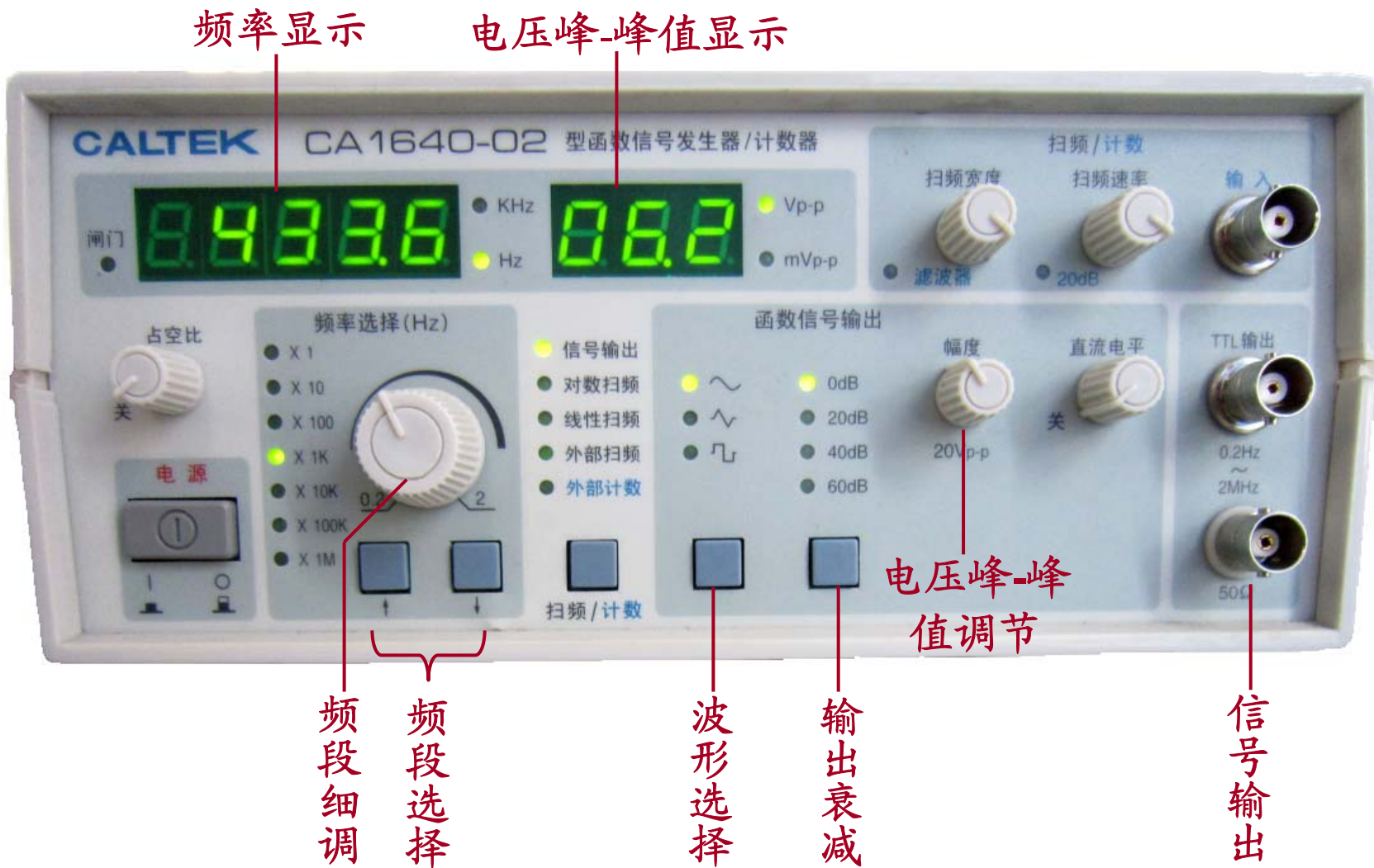


3. 示波器面板主要控制按钮介绍





4. 函数信号发生器主要控制按钮介绍





5. 示波器测量信号电压、周期和频率的原理

(1) 示波器测量信号电压原理。

示波器屏上电子束光斑在Y轴的偏转所显示的是被测量电压对电子束的作用，电子束Y轴的偏转量 d_x 与信号电压 U 成正比，即有

$$U = k_y d_y$$

其中 d_y 可用Y轴向格数(DIV)量度， k_y 为示波器Y轴电压的偏转因数(V/DIV)。



(2) 示波器测量信号周期原理。

被测信号周期的测量公式为

$$T = k_x d_x$$

T 为被测信号周期， d_x 是被测信号一个周期 T 内屏上电子束光斑在 X 轴扫描的长度（用格数**DIV**示）， k_x 是扫描时间因数（**Ms/DIV**）。

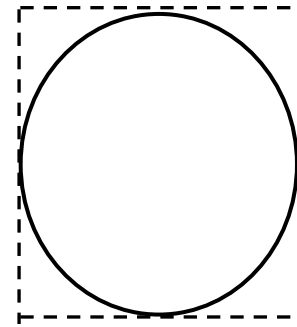
被测信号的频率为

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{k_x d_x}$$

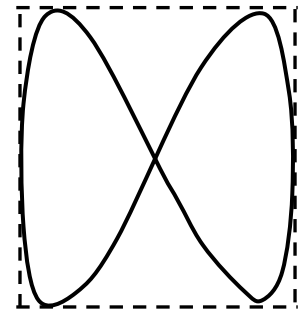


(3) 李萨如图形的基本原理

如果示波器的X轴和Y轴偏转板上输入的是频率相同或成简单整数比的两个正弦电压，荧光屏上亮点的运动将是两个互相垂直简谐振动的合成，其运动轨迹是一个稳定的闭合曲线，叫李萨如图形。



$$f_y : f_x = 1:1$$

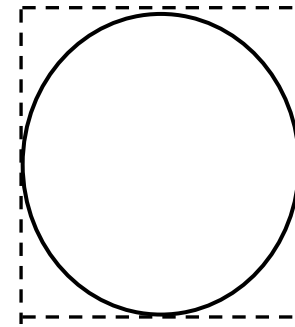


$$f_y : f_x = 2:1$$

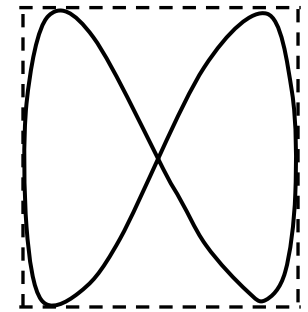
频率比分别为 $f_y : f_x = 1:1$ 和 $f_y : f_x = 2:1$ 的李萨如图形



做一个限制光点 x 、 y 方向变化范围的假想方框，当此方框与图形相切时，方框横边上切点数 N_x 与竖边上的切点数 N_y 之比恰好等于 Y 轴和 X 轴输入的两正弦信号的频率之比，即 $f_y : f_x = N_x : N_y$ 。



$$f_y : f_x = 1:1$$



$$f_y : f_x = 2:1$$

频率比分别为 $f_y : f_x = 1:1$ 和 $f_y : f_x = 2:1$ 的李萨如图形



实验内容与数据处理

1. 用示波器观察交流信号。

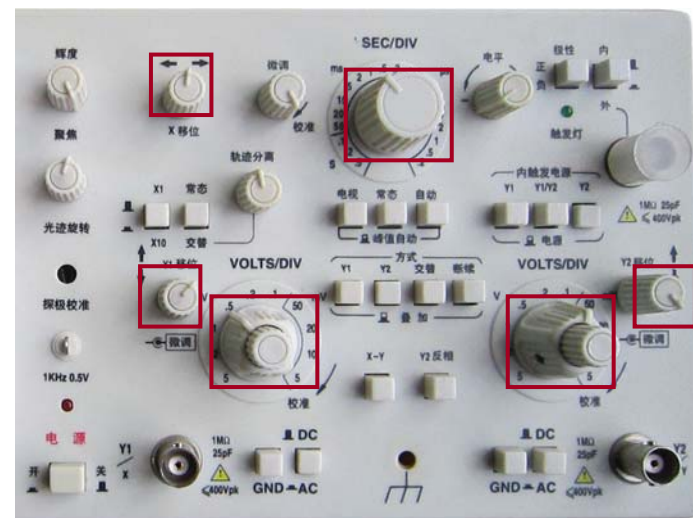
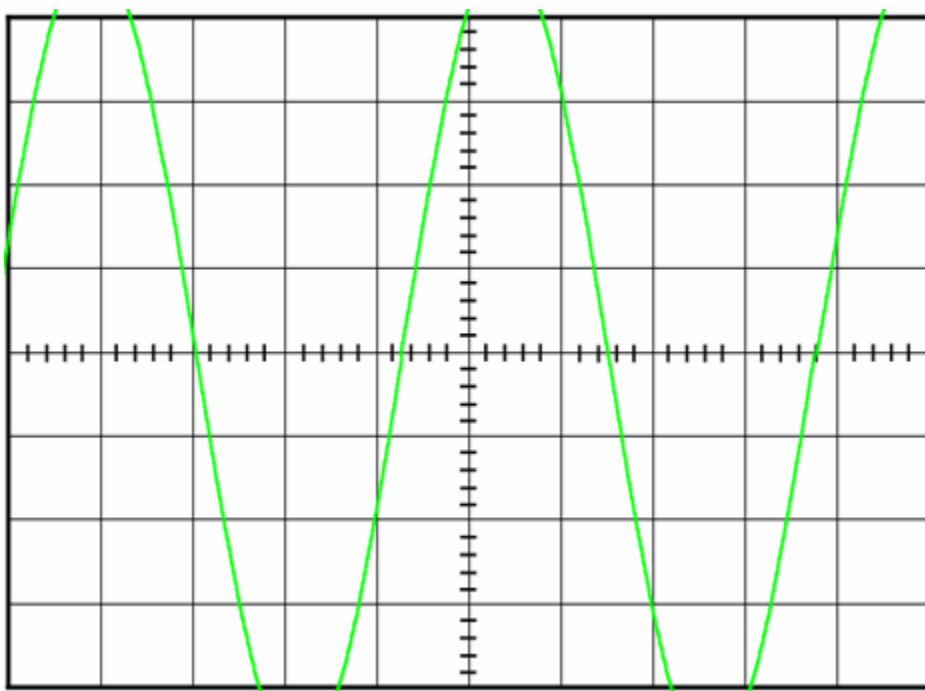
观察示波器的校准信号、函数信号发生器的正弦波、三角波、方波等不同波形和不同频率的信号。

2. 测出正弦交流电压的波形电压、周期和频率，且把相关数据填入表2-6。



表 2-6 正弦交流波形电压、周期和频率记录表

| 信号源显示 | | 示波器测电压 | | V_{p-p}/V | V_m/V | 示波器测周期 | | 周期/ s | 频率/ Hz |
|-------|------|--------|-----|-------------|---------|--------|-----|----------|-----------|
| 频率/Hz | 电压/V | V/DIV | DIV | | | Ms/DIV | DIV | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |





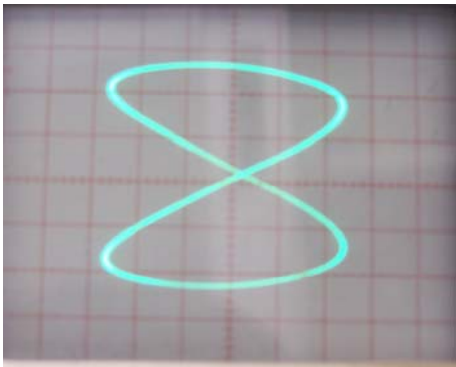
3. 观察李萨如图形并验证 $f_y : f_x = N_x : N_y$

分别在“ Y_1 ”或“ Y_2 ”方式下调节出各自合适的正弦波信号稳定波形，选择“ $X-Y$ ”工作方式观察合成图形。

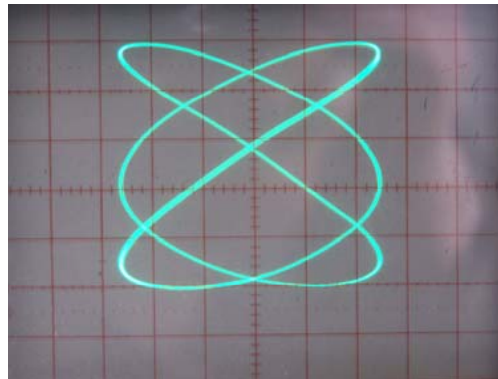
分别记下 $f_y:f_x=1:1$ 、 $1:2$ 、 $1:3$ 、 $2:1$ 、 $2:3$ 、 $3:1$ 时信号发生器输出的 f_y 和 f_x 的频率值，分别记下所对应的最简单的李萨如图形，分别记下切点数 N_x 和 N_y ，并一一比较 $f_y:f_x=N_x:N_y$ 。把各项记录和比较信息写入自拟的表格中。



几种利萨如图形



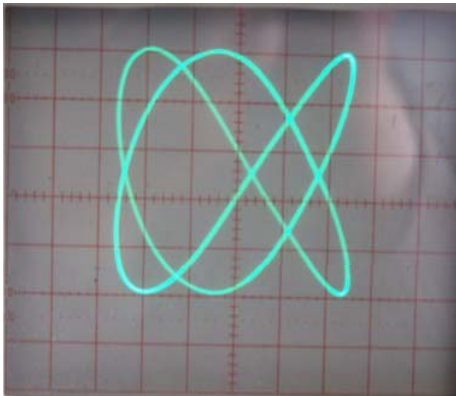
$$f_y = 25\text{Hz}, f_x = 50\text{Hz}$$



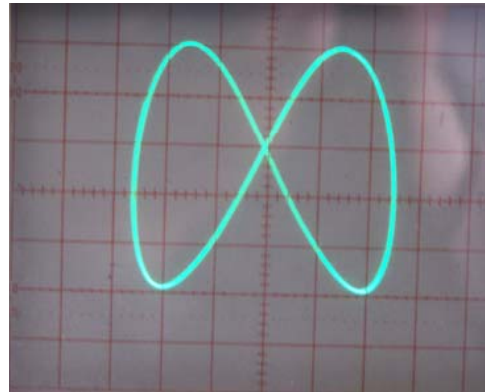
$$f_y = 33\text{Hz}, f_x = 50\text{Hz}$$



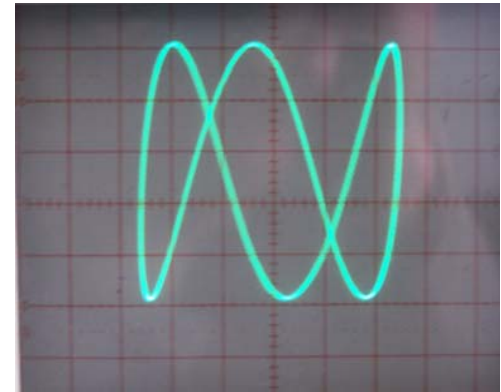
$$f_y = 50\text{Hz}, f_x = 50\text{Hz}$$



$$f_y = 75\text{Hz}, f_x = 50\text{Hz}$$



$$f_y = 100\text{Hz}, f_x = 50\text{Hz}$$



$$f_y = 150\text{Hz}, f_x = 50\text{Hz}$$



注意事项

1. 双踪示波器是一种较为复杂的电子仪器，其面板上的旋钮和开关较多，因此熟悉旋钮的作用后再开始实验，避免盲目操作。
2. 使用示波器上所有开关和旋钮时应轻轻操作，不能用力过猛或随意乱旋。



思考题

1. 示波器显示电压-时间图形(即电信号波形)的原理是什么?
2. 示波器显示屏上看不见亮点, 如何调节才能找到亮点?
3. 示波器显示图形不稳定, 总是向左或向右移动, 如何调节?
4. 示波器显示的波形信号幅度太大或太小, 如何调节?
5. 示波器可以测量直流电压吗? 如果能测, 怎么测量?