

实验十二 电子示波器的使用

电子示波器又称阴极射线示波器，简称示波器，是科研和生产中广泛使用的一种电子仪器，利用它可以很方便地观察交流电信号的波形，可以测量频率、电压以及两个电信号之间的位相差。借助传感器还可以对一些非电学量（如温度、压力、声、光等）进行测量。

【实验目的】

1. 了解通用示波器的结构和工作原理。
2. 初步掌握通用示波器各个旋钮的作用和使用方法。
3. 学习利用示波器观察电信号的波形，测量电压、频率和相位。
4. 学会用示波器观测二相关量的函数图形。

【实验仪器】

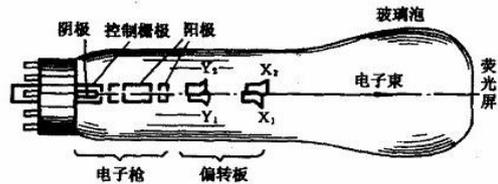
YB4328 电子示波器、YB1602 函数信号发生器

【实验原理】

最简单的示波器应包括以下五个部分：①电子示波管，②扫描发生器，③同步电路，④垂直轴和水平轴放大器，⑤电源供给，下面分别加以简单说明：

1. 示波管

如图所示，当阴极灯丝被加热后，就会发射电子而形成电子流，电子流通过底面有小孔的圆筒形控制栅极后形成电子束。第一阳极和第二阳极可对电子束加速和聚焦，通过第一、第二阳极



及垂直和水平偏转板后，电子束射到荧光屏上，使荧光物质发光而形成一亮点。垂直、水平偏转板加上电压后可以改变电子束的方向，从而改变荧光上亮点的位置。

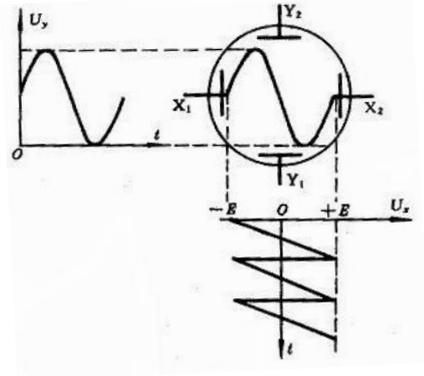
2. 扫描发生器

如果只在垂直偏转板上加一交流电压，则电子束在此交变电场的作用下将作上下往复运动，亮点的轨迹是一条垂直线，该交变电压随时间变化的规律无法反映出来。

为了能通过荧光屏反映出电信号随时间变化的关系，电子束除了在垂直方向上在交变电场的作用下运动外，同时还必须使用电子束在水平方向上等速平移，这个平移的过程称为扫描，使光点等速平移的装置称为扫描发生器。获得扫描的方法是在水平偏转板上加一个与时间成正比的周期性电压，也称锯齿波电压。如果只在水平偏转板上加扫描电压，垂直偏转板

上不加任何信号，则电子束只能在水平方向往复移动，在荧光屏上只是看到一条水平直线——扫描线。

如果在示波管的垂直偏转板上加上交流电压信号，在其水平偏转板上加扫描电压信号，则电子束的运动是在这两个电场作用下的合运动。如右图所示，开始时，水平偏转板间电压为 $-E$ ，荧光屏上的光点被推到最左侧，以后随着水平偏转板间扫描电压的匀速增加，光点在沿垂直方向运动的同时匀速向右运动；当水平偏转板间电压达到最大值 $+E$ 时，光点移到最右侧，于此同时，水平偏转板上的电压又迅速降到 $-E$ ，又将光点推到最左侧，再重复上述过程。这样，屏上就留下了光点同时作两个方向运动的轨迹，即交流电压随时变化关系的图像。



3. 同步电路

由上可知，只有当扫描信号与垂直偏转板上所加的交变电压信号周期相同时，我们才会在屏上观察到一个稳定的波形，如果前者是后者的 2 倍，即 $T_{\text{水平}}=2T_{\text{垂直}}$ ，则可观察到两个稳定的波形；如果是 $T_{\text{水平}}=3T_{\text{垂直}}$ ，则可观察到三个稳定的波形……如果二者周期不成整数倍，则观察到的波形是不稳定的，这称为不同步。为了使扫描电压信号与被研究的交变电压信号同步，我们采取这样一个办法，即将被研究的交变电压信号或另外一种频率稳定的交变电压信号输入扫描发生器的振荡电路，这样可迫使扫描电压的频率与被研究信号电压的频率同步（相等或成整数倍数关系）。

4. 垂直轴和水平轴放大器

为了观察电压幅度不同的电信号波形，示波器内设有衰减器和放大器，对观察的小信号放大，大信号衰减，因此能在荧光屏上显示出适中的波形。此外，还有水平和垂直两个方向的位移调节旋钮，用来改变和选择波形的位罝。

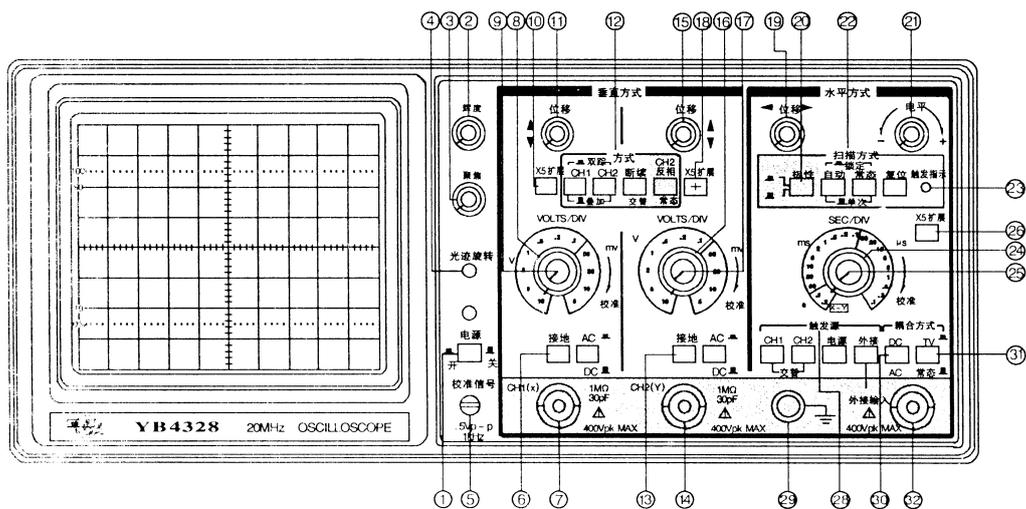
5. 电源供给保障了示波器各部件的正常工作

【实验内容及步骤】

仪器介绍

如图所示为 YB4328 二踪示波器操作面板，它可同时对两路信号进行观测，

YB4328 二踪示波器操作面板各旋钮及其功能 如图



荧光屏部分

荧光屏是示波管的显示部分。屏上水平方向和垂直方向各有多条刻度线，指示出信号波形的电压和时间之间的关系。水平方向指示时间，垂直方向指示电压。水平方向分为10格，垂直方向分为8格，每格又分为5份。根据被测信号在屏幕上占的格数乘以适当的比例常数 (VOLTS / DIV, SEC / DIV) 能得出电压值与时间值。

显示屏右侧“电源开关”①按下为开，弹出为关；接通时指示灯亮。预热约20s后，示波器屏幕会显示光迹。如60s后仍未出现光迹，应检查开关和控制按钮的位置是否正常。

调节“辉度”②旋钮和“聚焦”③旋钮，使光迹亮度适中且最清晰。荧光屏辉度调节：顺时针旋转，辉度加亮，反之减弱。注意：不可将光点和扫描线调的过亮，否则不仅会使眼睛疲劳，而且长时间停留会使荧光屏变黑。如果实验过程中较长长时间不作观察，应将辉度减弱，以延长示波管的寿命。光迹旋转④“标准信号”⑤接口，是一个标准方波，其峰—峰值为5.0V，用于自校准。

■ 垂直部分

1) 输入——由于YB4328型示波器是双踪显示，有两个输入通道CH1和CH2被观察的信号由面板中下部两个插座CH1(X)⑦和CH2(Y)⑭接入

2) 灵敏度调整——利用VOLTS/DIV⑧(垂直偏转系数)开关，合理选择灵敏度，使显示在屏上的被观测信号大小适中。

VOLTS/DIV分11挡，最高灵敏度为5mV/DIV挡(每格代表5mV)；最低灵敏度为10V/DIV挡，这时示波器能显示的最大范围是80V(8DIV)；使用探头，还可达400V。思考：观察一个峰峰值约为1的信号，应如何选择VOLTS/DIV？如果选择的VOLTS/DIV过大或过小，将会

看到什么现象？

“垂直工作方式选择”按键，中间有一条细线将其分成两部分，而且是对称的，其功能相同

3) 灵敏度微调——使用垂直“微调”⑨旋钮，可连续改变灵敏度（垂直偏转系数）。若将旋钮逆时针旋到底，则灵敏度下降在 2.5 倍以上。因此如需用示波器作电压测量，此旋钮应位于校准位置（顺时针旋到底）。⑩是“垂直方向偏转灵敏度”扩展倍数按键

4) 输入信号的耦合⑥——输入信号与示波器有 3 种连接方式：

AC(交流)为交流耦合，按钮处于弹出位置，信号经电容输入，其直流成分被阻断；

DC(直流)为直流耦合，按钮处于按入位置，信号与示波器直接耦合；

GND(接地)按钮，按入时输入信号与示波器断开，示波器内部输入端接地。该按钮常用于确定测量基准或寻迹。⑦是接探头的接口位置

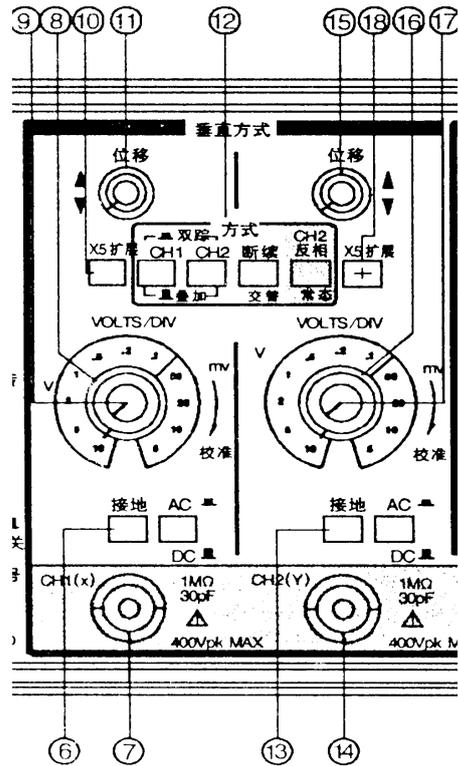
5) 工作方式选择——“方式”⑫开关

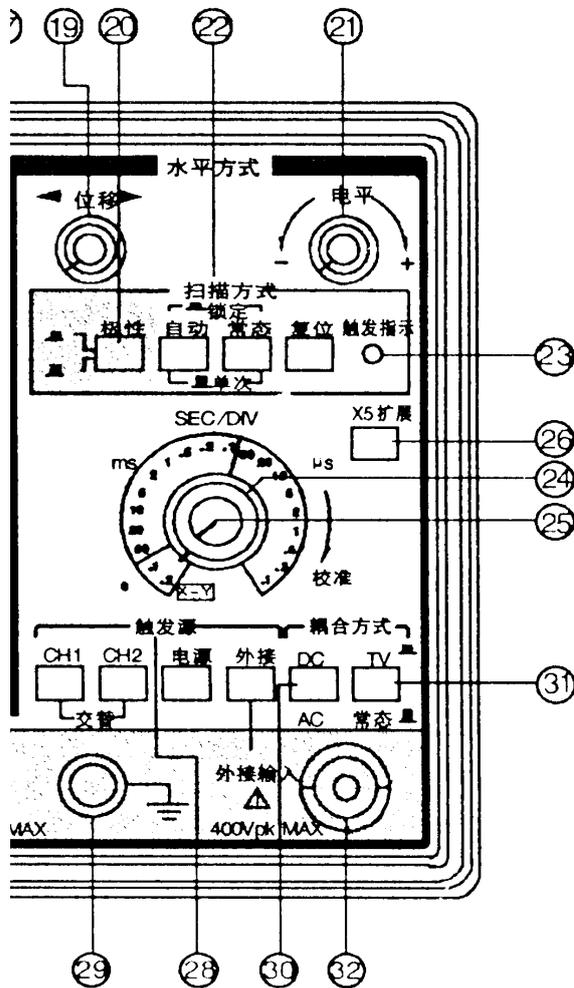
置于 CH1，屏幕仅显示 1 通道的信号；置于 CH2 仅显示 2 通道的信号；

“双踪”是指屏幕显示双踪，以交替或断续方式同时显示 1 通道和 2 通道的信号；

“叠加”是指 1 通道和 2 通道的信号之和，如要获得两信号的差，可按下“CH2 反相”按钮，此时 CH2 显示反相信号。

6) 垂直(Y方向)位移”旋钮位移⑪——利用位移旋钮，可以调节光迹在屏幕的垂直位置，使信号在垂直方向位置适中，便于观察。





⑬、⑭、⑮、⑯、⑰、⑱仅用于通道 CH2 信号的调节，功能和通道 CH1 中的各旋钮相同。

▪ 水平与触发部分

1. 水平部分

1) 扫描快慢的选择——利用 SEC/DIV 扫描因数(时基扫描或称扫描速率)粗调”旋钮⑳(时间/格)时基扫描开关(或称扫描速率),可以控制示波器内部产生的 X 轴锯齿波扫描的速率,共 20 挡, $0.1 \mu s/DIV-0.2s/DIV$,因此扫过显示屏的最快时间是 $0.1 \mu s \times 10=1 \mu s$ (扫描微调旋钮置于校准位置),利用扫描扩展还可加快至 $0.2 \mu s$ 。SEC/DIV 的挡位应当根据被观测信号的频率来选择。思考:要在屏幕上观察到 3-5 个周期的约为 35 的正弦波信号,应当如何选择 SEC/DIV?

另有一扩展控制键“×5 扩展”㉔,按下时扫描时间是 SEC/DIV 指示值的 1/5,这时扫描加快为原来的 5 倍,但辉度可能下降。

2) 扫描微调㉕——旋钮用于示波器内部产生的 X 轴扫描的连续微调,此旋钮顺时针方向旋转到底时为校准位置“扫描因数微调”㉖置校准位置时,即按逆时针方向旋到底,可根据度盘的位置和波形在水平轴的距离读出被测信号的时间参数,若将旋钮逆时针旋到底,则灵敏度下降在 2.5 倍以上

3) X-Y 操作与 X 外接控制——示波器的 X 轴也可不使用内部产生的锯齿波扫描信号,它包括两种方式。一种是将建当“扫描因数粗调”按逆时针调到底工作方式变为 X-Y 方式,这时垂直偏转信号接入 CH2 输入端,水平偏转信号接入 CH1 输入端(此时触发源应置于挡示波器)按方式工作。此方式常用于李萨如图形工作,

另一种触发源置于外接挡,示波器按 X 外接方式扫描工作。

4) “水平方向(X方向)位移”㉑旋钮,用以调节信号在水平方向的位置。

2. 触发

1) 触发源的选择——“触发源开关用于选择扫描的触发信号触发源”按键 ⑳，用于选择不同的触发源。

CH1: 在双踪显示时，触发信号来自 CH1 通道，单踪显示时，触发信号来自被显示的通道。CH2 的功能同 CH1。交替: 在双踪交替显示时，触发信号交替来自于两个通道，此方式用于同时观察两路不相关的信号。

电源: 触发信号来自视电。

外接: 触发信号来自于触发输入端口。㉑ 上: 机壳是接地端

2) 触发电平——“电平”㉒ 旋钮用以调节被测信号在变化至某一电平时触发扫描。

3) 触发极性——“极性”㉓ 按键用以选择被测信号在上升沿或下降沿触发扫描。

4) 触发方式——扫描方式㉔: 选择产生扫描的方式。

自动: 当无触发信号输入时，屏幕上显示扫描光迹，一旦有触发信号输入，电路自动转换触发扫描状态，调节电平可使波形稳定的显示在屏幕上，此方式适合观察频率在 50HZ 以上的信号。

常态: 无信号输入时，屏幕上无光迹显示，有信号输入时，且触发电平旋钮在合适位置上，电路被触发扫描，当被测信号频率低于 50HZ 时，必须选择该方式。锁定: 仪器工作在锁定状态后，无需调节电平即可使波形稳定的显示在屏幕上。

单次: 用于产生单次扫描，进入单次状态后，按动复位键，电路工作在单次扫描方式，扫描电路处于等待状态，当触发信号输入时，扫描只产生一次，下次扫描需再次按动复位键

5) 触发耦合方式——

AC/DC㉕: 外触发信号的触发方式，当选择外触发源，且信号频率很低时，应将开关置于 DC 位置。

常态/TV㉖: 一般测量此开关置常态位置，当需观察电视信号时，应将此开关置 TV 位置。

外触发输入㉗: 当选择外触发方式时，触发信号由此端口输入。

示波器的使用

1、基本调节:

这个步骤是要使示波器出现良好的扫描基准线。开启电源，经过约 20 秒的预热后，调节“辉度”和“聚焦”旋钮，使扫描基线亮度适中，聚焦良好。再调节“X 位移”和“Y 位

移”使基线位于屏幕的中间位置。若基线与水平刻度线有夹角，可以用螺丝刀调节“光迹旋转”电位器，使基线与水平刻度线重合。

2、显示校准：

这个步骤的目的是要使扫描线的长度代表准确的时间值，使扫描线的高度代表准确的电压值。利用示波器内的标准信号源可以完成校准工作。将欲输入信号的通道探头（比如 Y）接到“校准”的输出端，“电压幅度”旋钮扭到“0.1V/格”，“扫描时间”旋钮扭到“0.5mS/格”，幅度“微调”至“校准”位置，时间“微调”至“校准”位置，屏幕上应出现高 5 格、水平为 2 格（此时周期为 1ms）的方波信号。若方波所占的格数不符，就应调节垂直和水平增益旋钮，完成校准工作。

3、测量

(一)、交流峰峰值测量：

1). 被测信号馈入 CH1 或 CH2 通道输入端，置垂直工作方式于被使用的通道 CH1 或 CH2。

当用 CH1 时，控制旋钮如下：

垂直工作方式	通道 1 (CH1)
触发方式	自动 (AUTO)
触发信号源	内 (INT)
内触发	通道 1 (CH1)

电压微调旋钮置校准位置。

2). 垂直偏转因数开关置于适当位置。

3). 调节电平旋钮以获得稳定显示。

4). 将扫描时间因数开关置于适当位置，使屏幕显示几个周期的波形。

5). 将波形水平位移，使其中一个负峰与中心刻度线重合，将波形水平位移，使其中一个正峰与中心刻度线重合。

6). 从峰到峰测量垂直偏转度数(见图中 A 点—B 点)。如果幅度测量要求很高，或者光迹较粗，采用从峰的外沿到内沿或内沿到外沿的测量方法，能获得较高的精度。

7). 用下列公式计算峰到峰电压：

峰值电压 U_{P-P} ：垂直偏转幅度 (DIV) \times 垂直偏转因数 (VOLTS / DIV) \times 探极衰减倍率

(二)、周期和频率测量：

根据周期测量方法，测出信号的周期(并在坐标纸上画出三种波形)。

则信号的频率可由下式计算：

a. 扫描微调置于“校正”位置或将微调按逆时针方向旋到底。其他步骤同交流峰峰值测量步骤 1)、2)、3)、4)。

b. 调节水平位移旋钮，使信号波形置于标尺上适当位置，准确地读测一个周期的水平距离 D。

c. 计算出信号周期： $T=D \times \text{扫描时间因数}(T / \text{DIV})$

d. 计算信号频率

(三). 利用李萨如图形测正弦波频率

首先将已知频率的正弦信号送到 CH1 通道，被测信号的频率送至 CH2 通道(Y)，选择 X—Y 方式，调水平位移旋钮和垂直位移旋钮，使波形全部显示在荧光屏上，然后调整已知或未知信号的频率，使李萨如图形稳定地显示在荧光屏上，则被测信号的频率可测出。

当在示波器的垂直偏转板和水平偏转板上分别同时输入正弦交流电信号时，电子束的运动将是这两个电信号作用的合成运动，如果这两个正弦的交流电信号的频率成整数倍，则在荧光屏上可以观察到稳定的图形，这种图形称为李萨如图形。下图是 f_x 、 f_y 成不同比值时的李萨如图形。在李萨如图形上，分别作水平和垂直方向的两条割线（或切线），则：

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{n_x(\text{与X轴的切点数})}{n_y(\text{与Y轴的切点数})}$$

如果已知 f_x （或 f_y ），则由上边关系可求出被测频率 f_y （或 f_x ）。

【数据记录和处理】

1. 自行设计实验记录表格
2. 计算百分误差，分析实验结果。

【注意事项】

1、荧光屏上光点（扫描线）亮度不可调得过亮，并且不可将光点（或亮线）固定在荧光屏上某一点时间过久，以免损坏荧光屏。

2、示波器和函数信号发生器上所有开关及旋钮都有一定的调节限度，调节时不能用力太猛过大。以免损伤旋钮

3、不可用探极拖曳仪器，双踪示波器的两路输入端 X、Y 有一公共接地端，同时使用 X 和 Y 时，接线时应防止将外电路短路。

4、测试过程中合理选择量程，并牢记将“微调”开关置于“校准”位置。

5、长期不用要切断电源。

【思考题】

1. 如果单个波形不稳定，应如何调节？
2. 如何用示波器观察三角波的波形？
3. 李萨如图形有何特点？
4. 在示波器荧光屏上得到一稳定的李萨如图形，Y轴和X轴与图形交点数之比为

$$\frac{N_Y}{N_X} = \frac{7}{3} \text{ , 已知 } f_x = 100\text{Hz, 求 } f_y = ?$$

5. 做李萨如图形实验时能否用“同步”功能把图形稳定下来？为什么？