

显示原理观测信号的波形。取样示波器一般用于观测频率高、速度快的脉冲信号的波形。

取样示波器其工作频率可高达 1000MHz 以上(即 1GHz 以上, $1\text{GHz}=10^3\text{MHz}$, 电视机第 68 频道接收的射频信号才 958MHz, 不到 1GHz)。我国卫星电视用的射频高达 12GHz, 混频后的中频也高达 1.3GHz。要显示这类信号的波形, 就必须用取样示波器(如 SQ-21 型取样示波器, 工作频率高达 7GHz)。

4. 数字存储示波器

能把所测量到的波形以数字的形式存储起来, 并能再次显示出来的示波器, 叫做数字存储示波器, 存储示波器能将单次瞬变过程、非周期信号、低重复频率的信号长时间地保留在屏幕或存储器中, 以供分析、比较、研究之用。

5. 特种示波器

这类示波器是为满足特殊任务用的专用示波器, 如矢量示波器、电视示波器等。

第二节 通用(模拟)单踪示波器介绍

一、单踪示波器基本组成

单踪通用示波器一般由示波管、Y 轴放大器、X 轴放大器、扫描发生器、电源和测试探头等几大部分组成, 如图 3-1 所示。

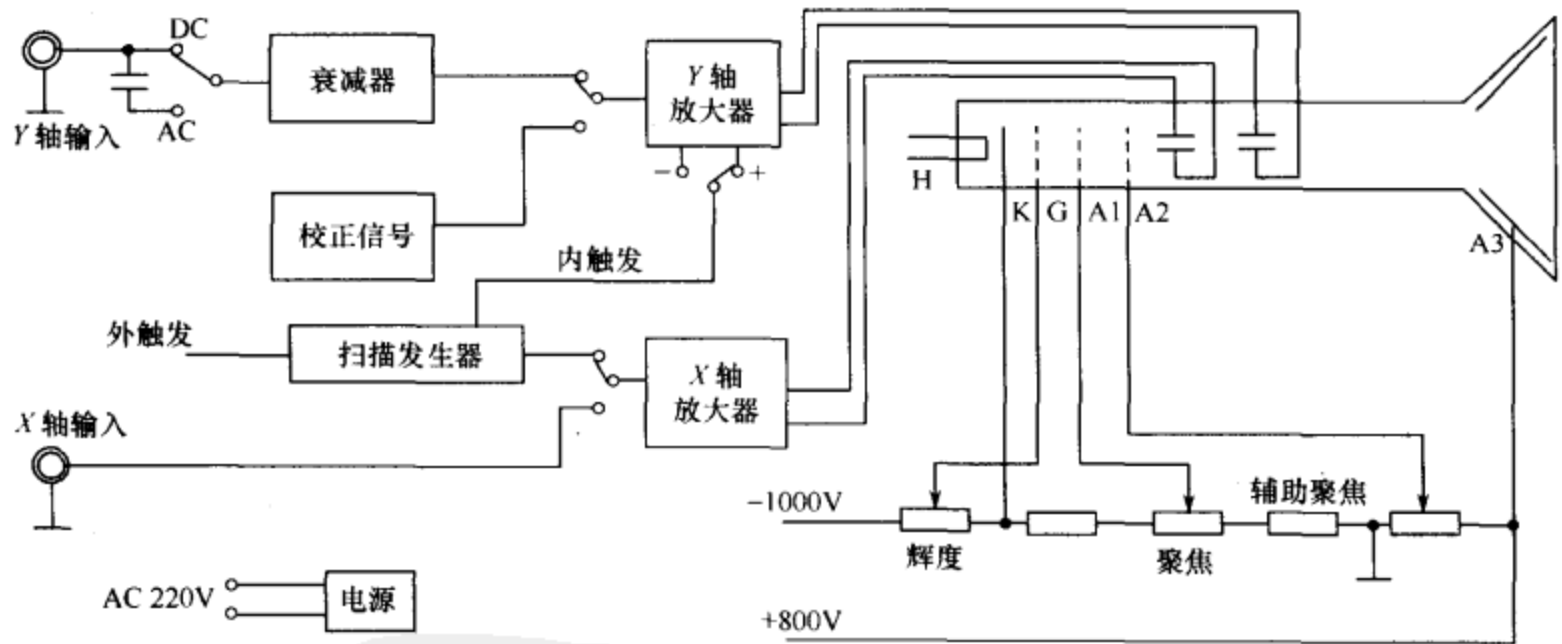


图 3-1 单踪示波器的基本组成

1. 阴极射线示波管

示波器的心脏部分是阴极射线示波管(CRT), 它是一种屏幕式显示器, 能将被测信号转换为光信号, 用荧光屏来显示被测信号的图形。示波管是示波器用来显示测量结果的指示器, 其内部结构包括电子枪, X、Y 轴偏转板和荧光屏 3 大部分, 如图 3-2 所示。

重点提示 示波器和电视机的显像管有较大的区别。示波器是电偏转管, 即阴极发射的电子是依靠电场进行偏转的; 而电视机中的显像管则是磁偏转管, 即阴极发射的电子依靠磁场(由套在管颈上的偏转线圈提供)进行偏转的。

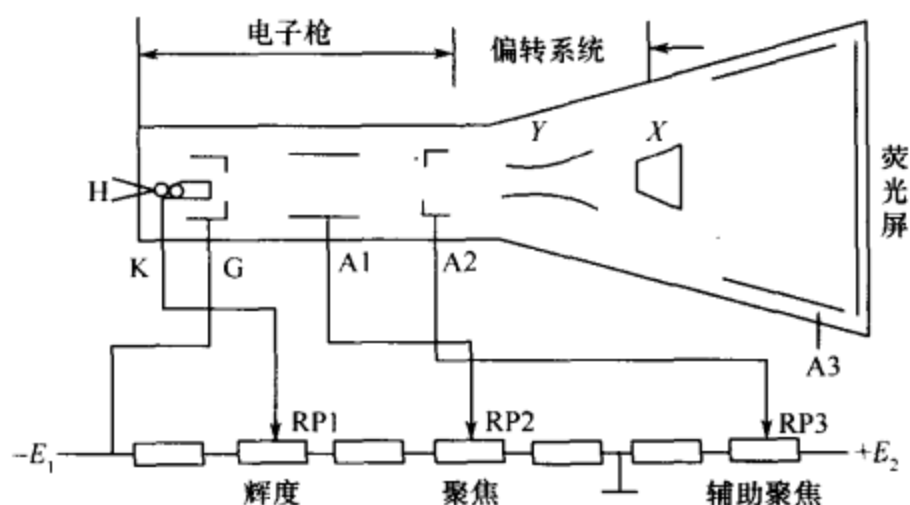


图 3-2 示波管的内部结构

(1)电子枪。电子枪包括灯丝 H、阴极 K、控制栅极 G、第一阳极 A1 和第二阳极 A2，为了增加电子束的能量，常在荧光屏附近增加一个石墨涂层作为第三阳极 A3，加上一定正电压，可使电子束进一步加速获得足够的能量，以提高光点亮度。

阴极被灯丝加热后发射电子，这些电子受到第一阳极上正电压的吸引，穿过控制栅极中心的小孔，形成细的电子束。调节栅极电压就能控制阴极发射电子束的强弱，使荧光屏上光点的亮度改变，这个调节过程叫“辉度”调节。利用第一阳极、第二阳极之间的相对电位形成的电场，能使电子束聚成细束，也就是使光点的直径变小，使波形清晰可辨，这个调节过程是通过示波器面板上的“聚焦”旋钮来进行的。

(2)X、Y 轴偏转板。示波器的偏转系统通常采用静电偏转系统。在示波管内安装了两对相互垂直的平行金属板，称垂直(Y 轴)偏转板和水平(X 轴)偏转板。当垂直、水平偏转板上都没有加偏转电压时，电子束直射到荧光屏中央，在屏中心出现一个光点。如果只在水平偏转板上加直流电压，电子束通过偏转板间的电场时，受电场力的作用而发生偏转，使光点向左或向右偏移。同理，若只在垂直偏转板上加直流电压，光点就向上或向下偏移。光点偏移的距离与所加电压成正比，而偏转的方向取决于偏转板上所加电压的极性。因此，调节两偏转板上的电压，就能调节荧光屏上光点的位置，这就是示波器上的“X 轴位置”和“Y 轴位置”的调节作用。

(3)荧光屏。示波管屏面玻璃内壁涂有一层荧光粉而成为荧光屏，当电子束射到荧光屏时能产生光点。光点发光后，如无电子连续轰击，该点尚能延续发光一段时间，这种现象称为示波管的发光延续性，又称余辉，示波管按余辉长短可分为 3 类：短余辉管延续发光时间 $1\mu\text{s}\sim 1\text{ms}$ ；中余辉管 $1.2\text{ms}\sim 1.2\text{min}$ ；长余辉管 1.2min 以上。通用示波器一般采用短余辉管或中余辉管，慢扫描示波器则采用长余辉管。

2. X、Y 轴放大器和扫描发生器

Y 轴通道放大器把被测信号电压放大到足够的幅度，然后加在示波器的垂直偏转板上。Y 轴通道还带有衰减器用以调节垂直幅度，确保显示波形的垂直幅度适当以进行定量测量。

X 轴通道由扫描发生器和 X 轴放大器组成。扫描发生器产生一个与时间成线性关系的锯齿波电压(又称扫描电压)，时基发生器配合扫速调节可产生不同扫速的锯齿波，经过 X 通道放大以后，再加在示波器水平偏转板上。

重点提示 对于示波器来说,显示稳定的波形十分重要,实践证明,只要扫描发生器产生的锯齿波电压的周期与被测信号的周期相同或保持整数倍关系,波形就会保持稳定。

锯齿波电压的周期和被测信号电压的周期相同或成整数倍关系,在这里就叫同步,波形稳定就是两个信号“同步”的表现。再具体说,同步就是锯齿电压加在水平偏转板上后的起始水平扫描和被测信号电压加在垂直偏转板上后的起始垂直扫描在同一时刻进行。

示波器中的触发电路就是为实现同步而设立的,因此,触发电路也就是同步电路。就是说,水平扫描发生器是受触发信号控制的。没有触发信号时,没有锯齿波电压产生,水平扫描电路处于等待状态;有触发信号时,扫描发生器开始工作,产生的锯齿波电压就与被测信号电压有着严格的同步关系了。若触发信号来自 Y 轴被测信号,则称内触发(同步);若用外接信号作为触发信号,则称外触发(同步)。

3. 电源电器

电源部分向示波管和其他功能单元电路提供所需的各组高、低压电源,以保证示波器各部分的正常工作。

4. 示波器探头

示波器探头是把被测电路的信号耦合到示波器内部前置放大器的连接器件,根据测量电压范围和测试内容的不同,有 1:1、10:1 和 100:1 等规格的探头。一般测量时用 1:1 或 10:1 探头即可,测彩显行输出管集电极的脉冲波形时,因该处电压峰值高达 1000V(峰峰值),因而要选用 100:1 的探头,这种探头最高测试电压为 2000V(峰峰值)。

二、波形显示原理

在示波管的垂直偏转板上加一个周期性连续变化的交流电压后,由于电子束在这个偏转电场的作用下进行垂直扫描(电子束在垂直方向上做周期性运动就叫垂直扫描),便在荧光屏上出现一条垂直亮线,如图 3-3 所示。

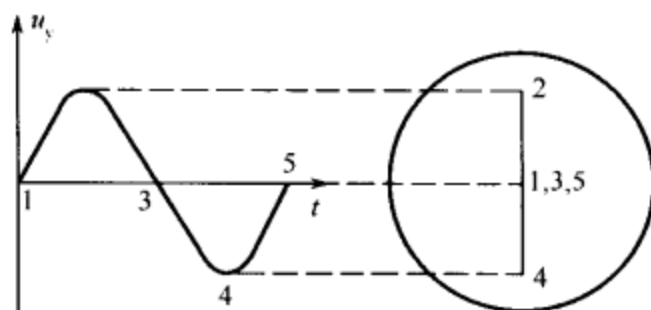


图 3-3 荧光屏上出现一条垂直亮线

若要想把这条垂直亮线展开,让屏幕上也呈显出像加在垂直偏转板上的交流电压那样的正弦波,就需要在水平偏转板上加一个模拟时间的电压。由于时间是连续均匀变化的,所以加到水平偏转板上的电压应是随时间均匀增加的线性电压,即锯齿波电压。这个锯齿波电压加在水平偏转板上后,电子束在水平偏转电场的作用下进行水平扫描(电子束在水平方向上做周期性运动就叫水平扫描),在屏幕上形成一条扫描基线(水平线),如图 3-4 所示。

在产生了这条扫描基线的基础上,再在垂直偏转板上加上那个正弦波电压,屏幕上就把这个正弦波显示出来了,如图 3-5 所示。

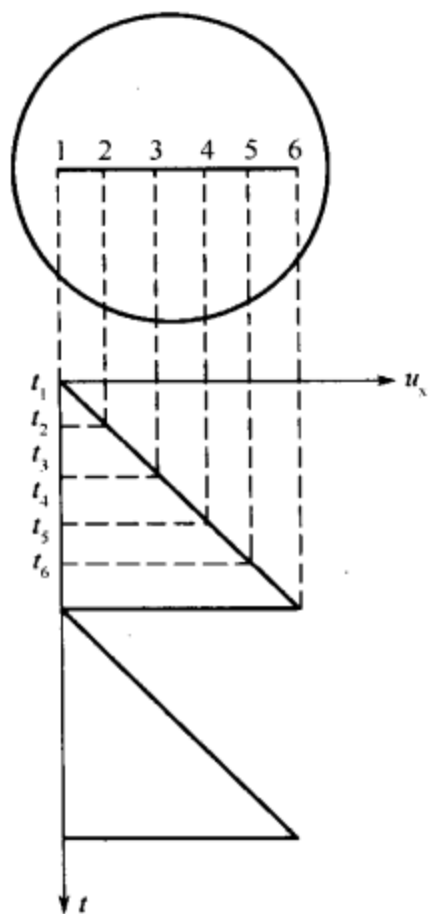


图 3-4 水平扫描基线的形成

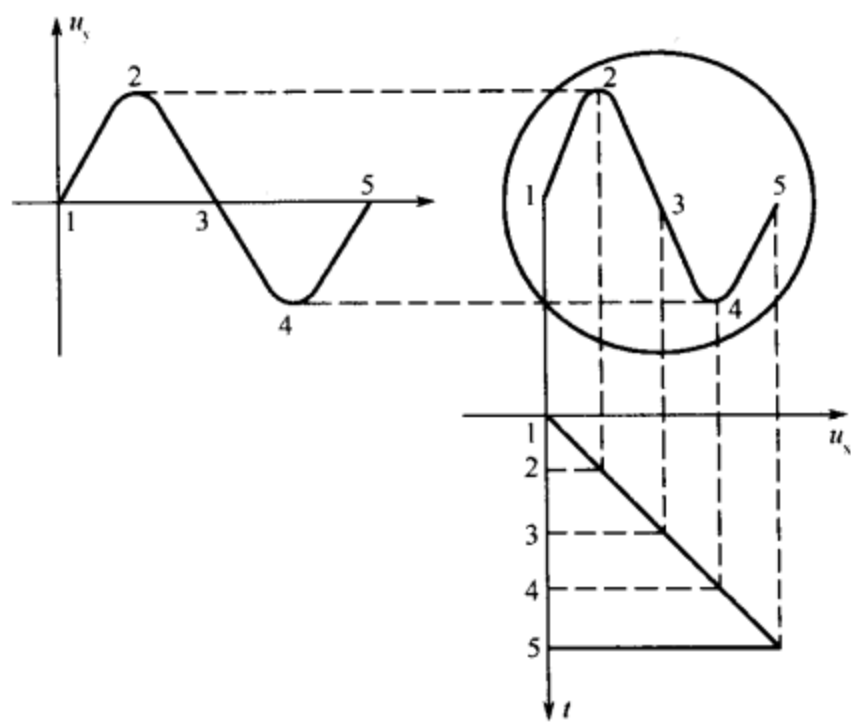


图 3-5 荧光屏上出现正弦波形

所以,用示波管显示波形,在垂直偏转板上加的是被测信号,而在水平偏转板上加的是为了产生水平扫描基线的锯齿波电压。在水平偏转板上加锯齿波电压,产生扫描基线是为产生被测信号波形服务的。

重点提示 当被观察信号的频率 u_y 与扫描电压频率 u_x 相等时,在荧光屏上显示出一个正弦波的图形。如果 $u_y = nu_x, n=2, 3, \dots$ 时,则荧光屏上将出现 2 个, 3 个, …… 波形。示波器面板上的“扫描范围(扫描速度)”和“扫描微调”就是扫描电压频率的调节旋钮。

三、X-Y 显示原理

在示波管中,电子束同时受 X 和 Y 两个偏转板的作用,而且两偏转板上的电压 u_x 和 u_y 的影响又是相互独立的,它们共同决定光点在荧光屏上的位置。利用这种特点可以把示波器变为一个 X-Y 图示仪,使示波器的功能得到扩展。

图 3-6 表示两个同频率信号 u_x, u_y 分别作用在 X、Y 偏转板上时的情况。

如果这两个信号初相相同,则可在荧光屏上画出一条直线。若 X、Y 方向的偏转距离相同,这条直线与水平轴呈 45° ,如图 3-6(a) 所示。如果这两个信号初相相差 90° ,则在荧光屏上画出一个正椭圆,若 X、Y 方向的偏转距离相同,则在屏上画出一个圆,如图 3-6(b) 所示。示波器两个偏转板上都加正弦电压时显示的图形叫李沙育图形,这种图形在相位和频率测量中常会用到。

X-Y 图示仪可以应用到很多领域。在它显示图形之前,首先要把两个变量转换成与之成比例的两个电压,分别加到 X、Y 偏转板上。荧光屏上任一瞬间光点的位置都是由偏转板上两个电压的瞬时值决定的。由于荧光屏有余辉时间和人眼有滞留效应,从屏上可以看到全部光点构成的曲线,它反映了两个变量之间的关系。

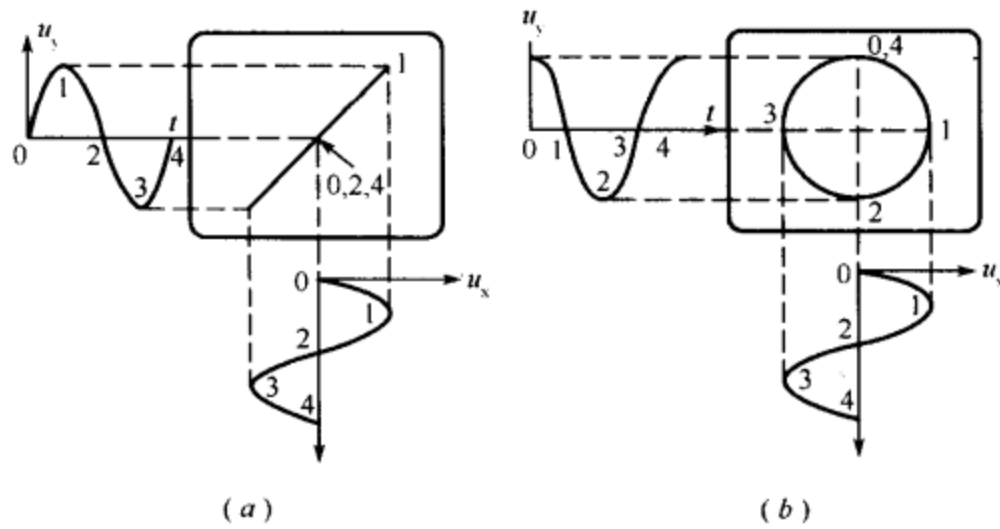


图 3-6 两个同频率信号构成的李沙育波形
 (a) u_x 与 u_y 同相位; (b) u_y 起前 u_x 90° 。

四、BS-7701 单踪示波器介绍

BS-7701 为单踪 7M 示波器, 主要应用于家电维修领域, 其面板如图 3-7 所示。该示波器采用矩形内刻度显示屏示波管, 工作面垂直刻度为 8 格, 水平刻度为 10 格。控制旋钮分布分为示波管系统、Y 轴系统和 X 轴系统。

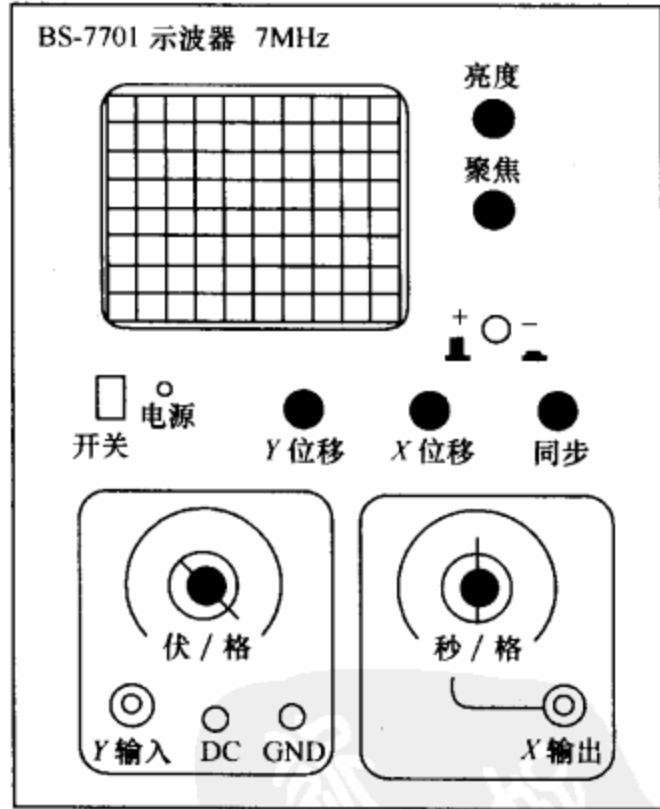


图 3-7 BS-7701 型多功能晶体管示波器面板

1. 示波管系统

- (1) 电源。它是电源开关, 将该开关打开时, 电源接通, 指示灯亮, 示波器进入工作状态。
- (2) 聚焦。它是聚焦旋钮, 通过调节该旋钮可使光点聚焦成为一小圆点, 在每次改变辉度后, 需重新调整聚焦。

(3)亮度。亮度(辉度)旋钮,用以控制光迹亮度,顺时针旋转时增加亮度,反之则减弱亮度。光点在某一位置停留时间较长时,亮度不宜过高,以免损坏这一部分的荧光材料。

2. Y 轴系统

(1)Y 位移。它是垂直位移旋钮,用以移动光迹在垂直方向上的位置,顺时针旋转光迹位置向上移动,反之则向下移动。

(2)垂直通道(Y)轴衰减开关。它是垂直幅度衰减开关,其中 8 个挡位挡为 10mV/格~30V/格,用以衰减 Y 轴输入信号,若不知信号幅度大小,应尽量先放在大挡,然后逐渐减小挡位至屏幕显示合适的幅度,一般调节幅度使波形在垂直方向占 4 格~5 格为宜。第 9 挡是内部校正信号接入开关,当开关置于该挡时,示波器内部产生的幅度为 40mV,频率为 10kHz(周期为 100 μ s)的方波自动接入,该信号用以校准示波器的 Y 轴放大器及 X 轴放大器的增益。

(3)AC-DC 选择按钮。它是 Y 轴输入的耦合开关,置“DC”时,被测信号直接输入 Y 轴放大器,被测信号的交流分量和直流分量均输入 Y 通道,适合观察变化缓慢的信号或测量直流电平;当观察具有较高直流电平的小信号时,应置于“AC”位置,被测信号经隔直电容输入 Y 通道,信号波形的垂直位置不受直流成分的影响。

(4)Y 输入插座。被测信号由该插座输入到 Y 轴放大器。

(5)GND 按钮。接地按钮,按钮抬起时,Y 轴放大器正常工作;按下时,Y 轴放大器输入接地,便于寻找扫描基线。

3. X 轴系统

(1)X 位移。它是水平位移旋钮。用以移动光迹在水平方向的位置,顺时针方向旋转时,光迹向右移动,反之向左移动。

(2)扫描速度开关。扫描速度自 10ms/格~0.3 μ s/格共 10 挡,根据被测信号频率的高低选择适当的扫描速度,当不知道被测信号频率时,可先置扫描速度较慢的挡,调同步旋钮使屏幕显示稳定波形;若显示的波形过密再增加扫描速度。

(3)同步。它是同步调节旋钮,调节该旋钮可使扫描周期和被测信号周期保持在整数倍,使屏幕上显示稳定的波形,在同步旋钮调节范围内一般有几个同步点。

(4)+、-、外。它是控制内同步信号的正、负极性和 X 轴外接输入信号的转换开关。当被测信号为正极性脉冲时,应置于“+”位置;当被测信号为负极性脉冲时,应置于“-”位置;当 X 轴需要外接输入信号时,应置于外位置。

(5)X 输入。被测信号由该插座输入到 X 轴放大器。

第三节 通用(模拟)双踪示波器介绍

双踪示波器能同时观测两个信号波形。它与单踪示波器在构造上的主要区别就是在 Y 轴偏转系统中的前面加了一个电子开关。这个电子开关可以将两个被测信号以很高的速度轮流输送到 Y 轴偏转板而显示两个波形。

一、基本结构

双踪示波器的基本结构如图 3-8 所示。

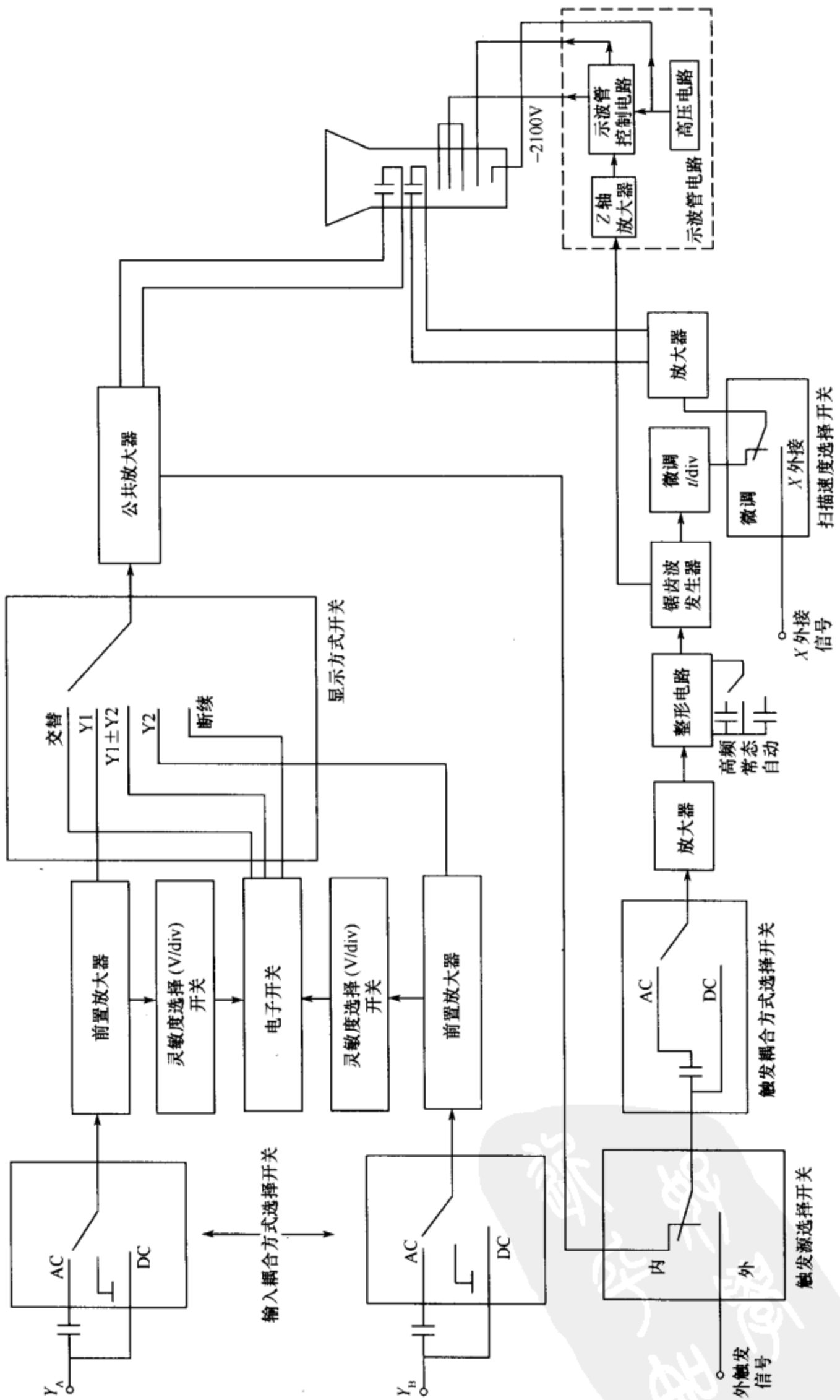


图 3-8 双踪示波器的基本结构