

正信号时辉度降低,加入负信号时辉度增加,常态下,加入 5V(峰峰值)的信号就能产生明显的调节。

(37)校正方波输出(CAL 0.5V)。0.5V/1kHz 信号输出端。

(38)接地端(GND)。

2. 岩崎 7802 通用 20M 双踪示波器

岩崎 7802 通用 20M 双踪示波器是一个功能比较齐全的、适合于模拟信号测试的双踪示波器。该示波器具有多种触发方式和光标测量功能,能测量两光标之间的电压、时间间隔等。下面通过图解,详细介绍其面板功能及其使用方法。

(1)打开“电源开关(POWER)”,被测正弦波信号接“通道 1(CH1)”和“通道 2(CH2)”。输入接口,此时屏幕上显示两路正弦波信号,如图 3-10 所示。

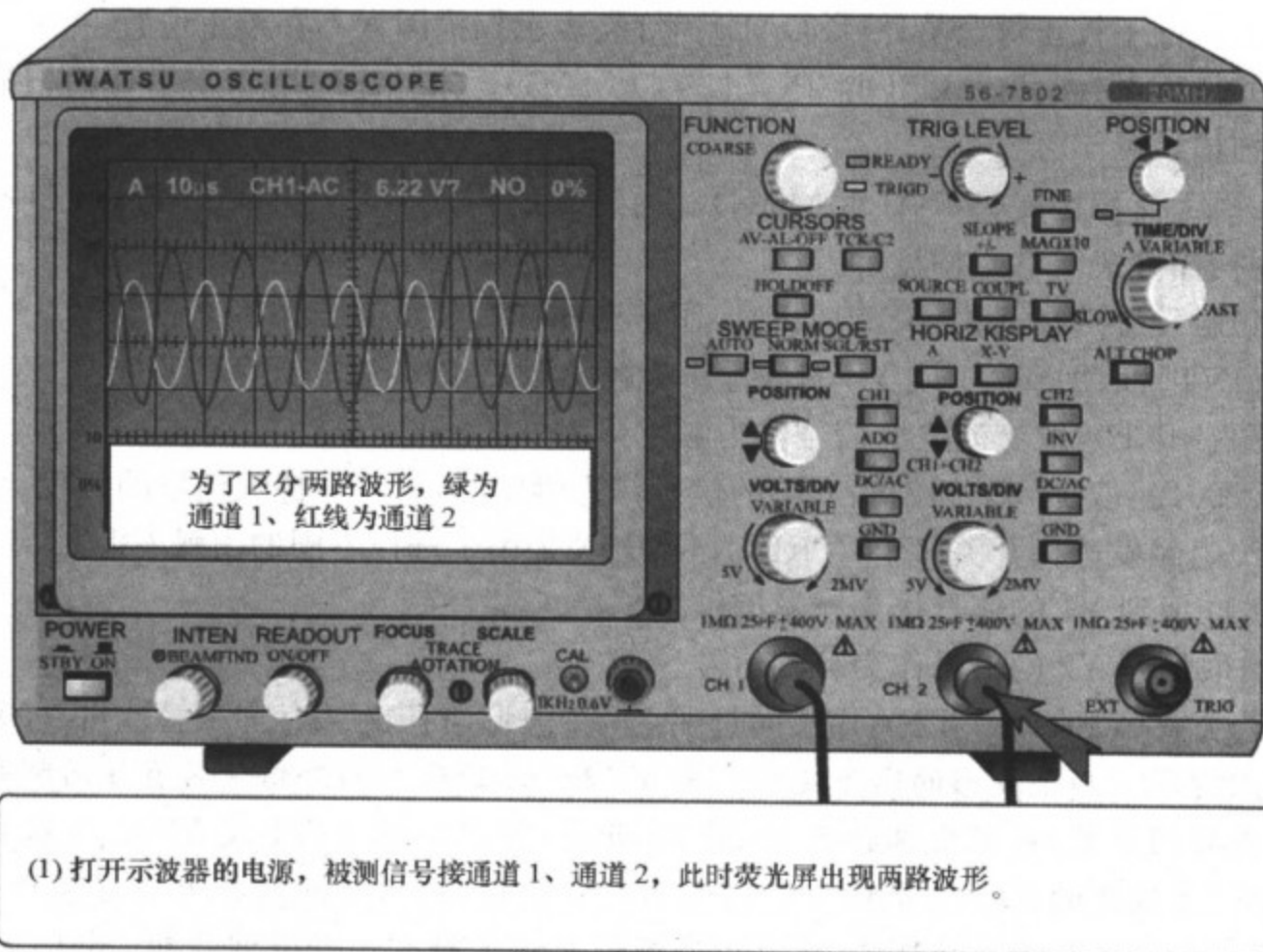


图 3-10 显示两路正弦波信号

(2)调节“图像亮度(INTEN)”旋钮,使其亮度适当,否则,既损坏眼睛,又影响荧光屏的寿命,如图 3-11 所示。

(3)调节“符号亮度(READOUT)”钮,旋转引键通使文字变化,按下按键是关闭符号,再按按键是恢复符号显示,如图 3-12 所示。

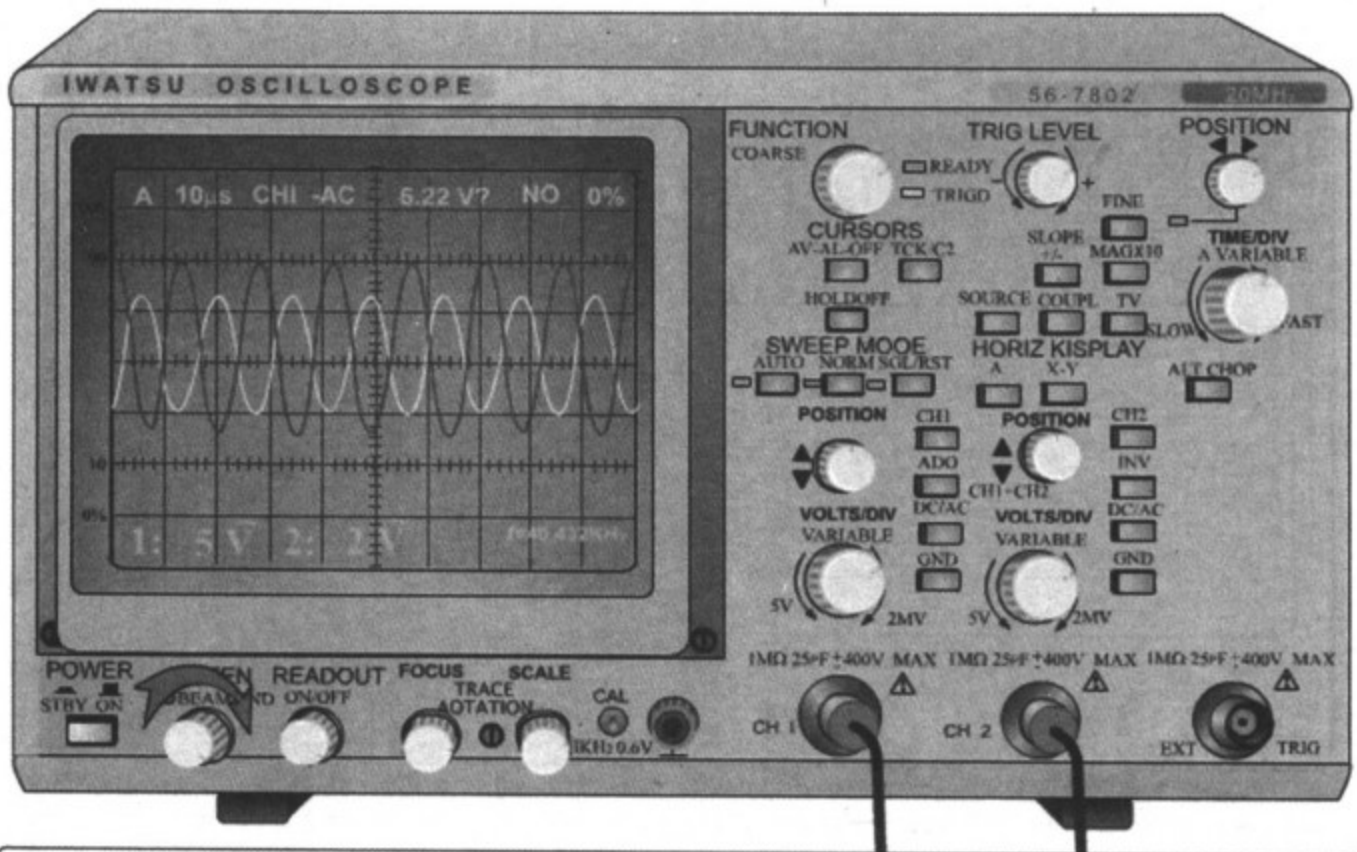
(4)调节“聚焦(FOCUS)”钮,可调节图像的清晰度,如图 3-13 所示。

(5)调节“标尺亮度(SCALE)”钮,一般调在关闭处(逆时针旋到底),如图 3-14 所示。

(6)调节“垂直位移(PPOSITION)”旋钮,用于调节图像在垂直方向的位置,如图 3-15 所示。

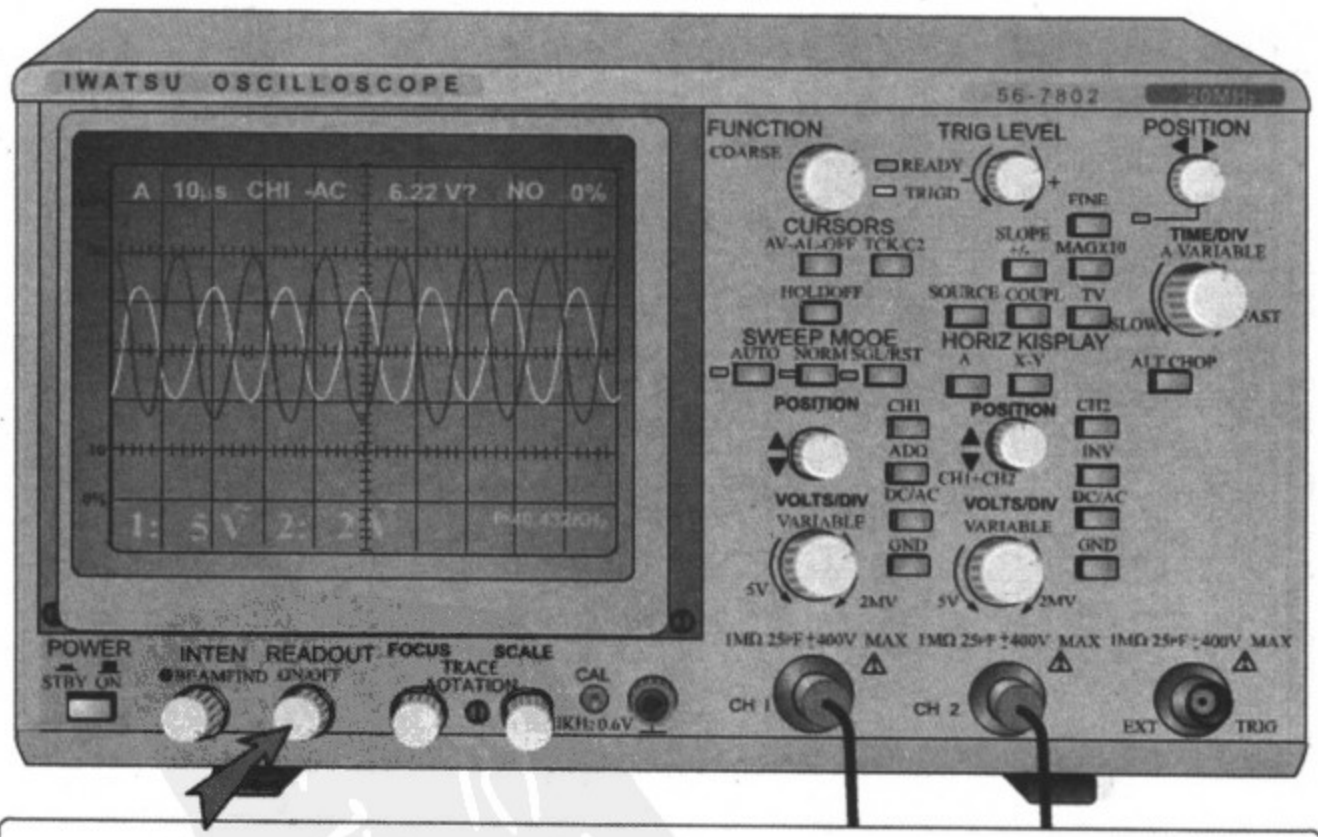
(7)“通道 1(CH1)”键,显示/关闭通道 1 的被测信号,按通道 1 键,关闭通道 1,再按此键,恢复显示通道 1 信号,如图 3-16 所示。

(8)“通道 2(CH2)”键,与“通道 1”键功能相同,注意不要同时关闭“通道 1”和“通道



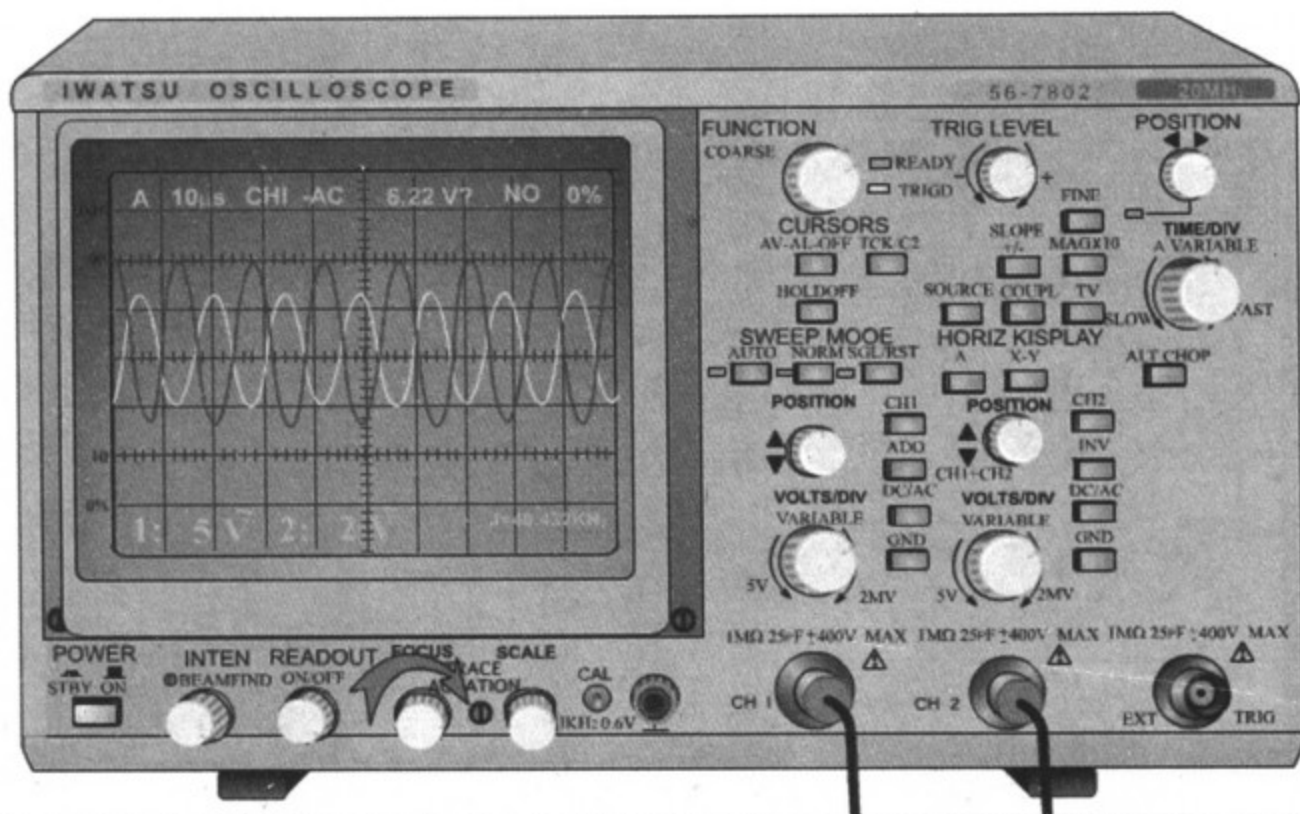
(2) 调节“图形亮度”钮，使其亮度适当，否则既损坏眼睛又影响荧光屏的使用寿命。
(按下此键为寻迹功能)

图 3-11 调节图像亮度旋钮



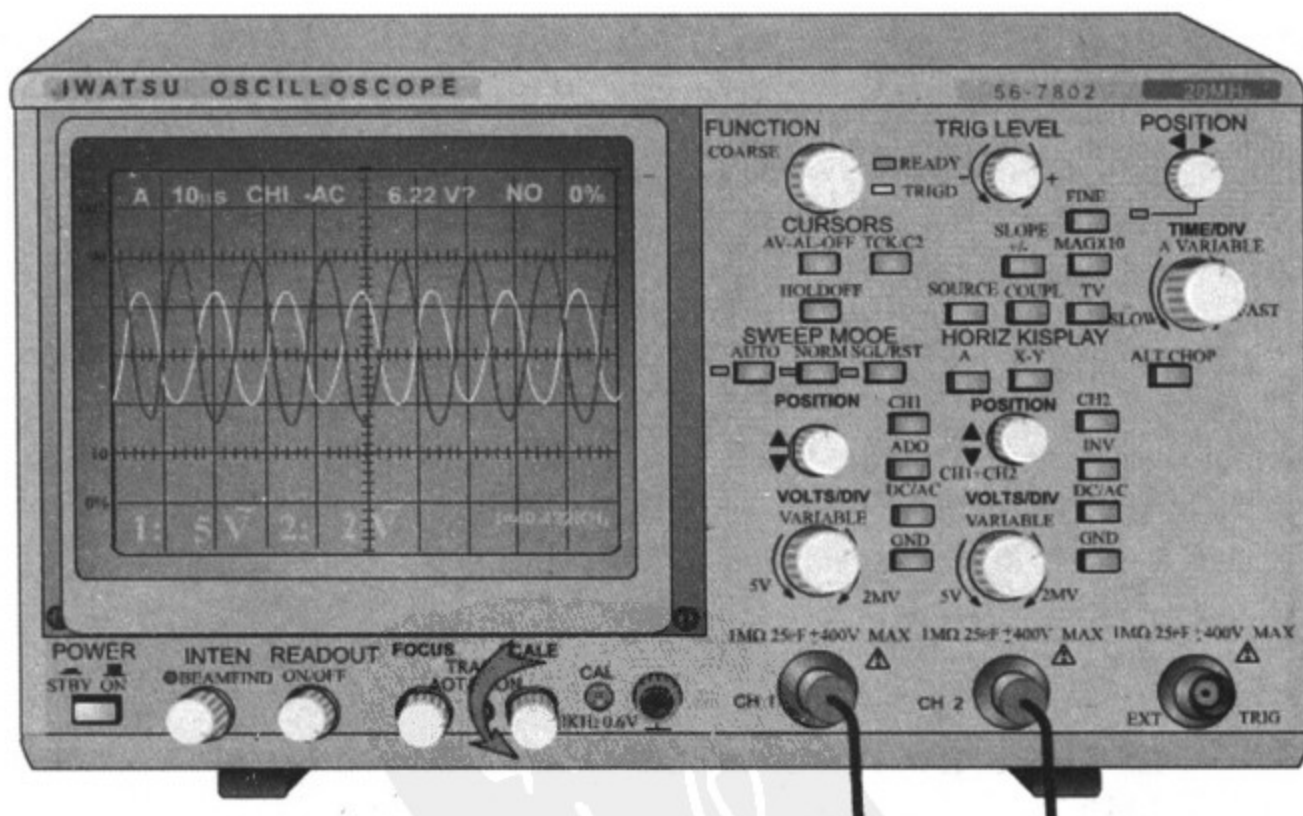
(3) 调节“符号亮度”钮，旋转此键能使文字变化、按下此键是“关闭”符号，再按此键恢复符号“显示”。(实验中注意观察上、下端文字符号)

图 3-12 调节符号亮度钮



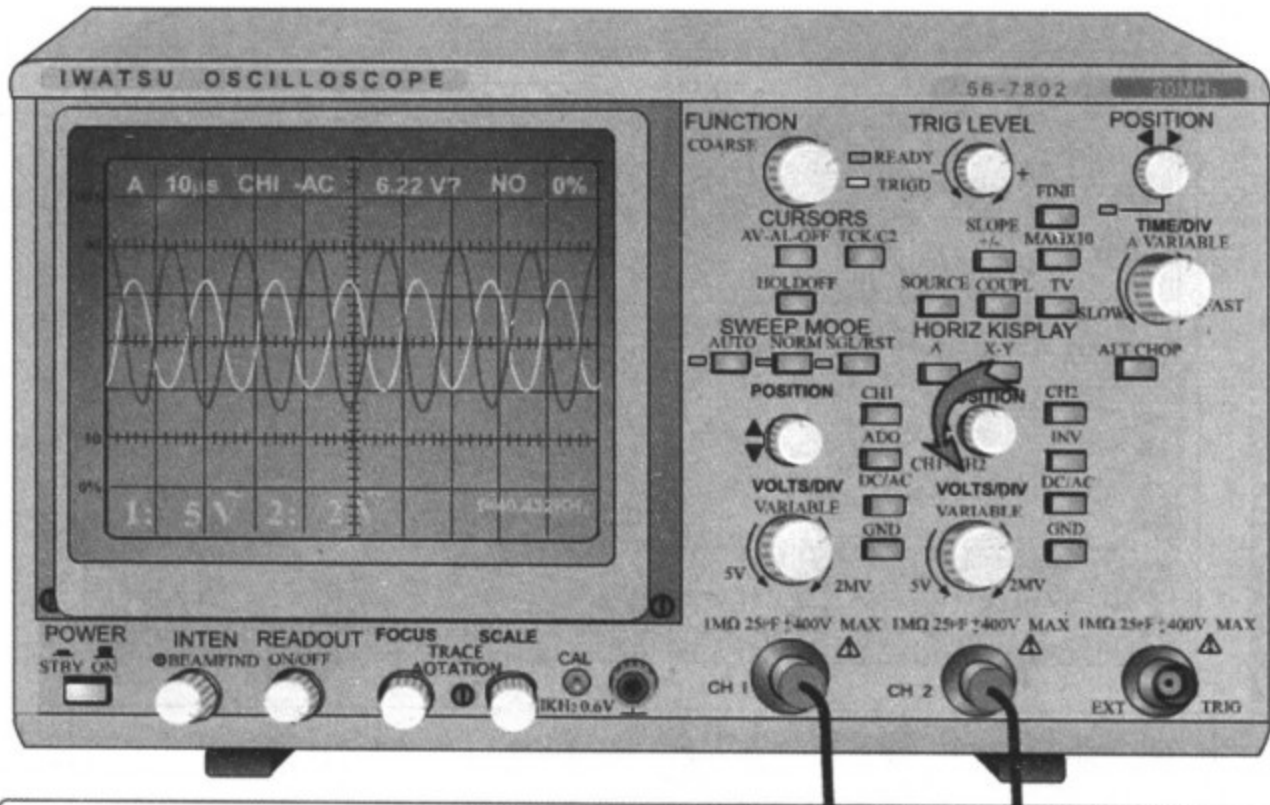
(4) “聚焦” 钮，调节图像的清晰度。

图 3-13 调节聚焦钮



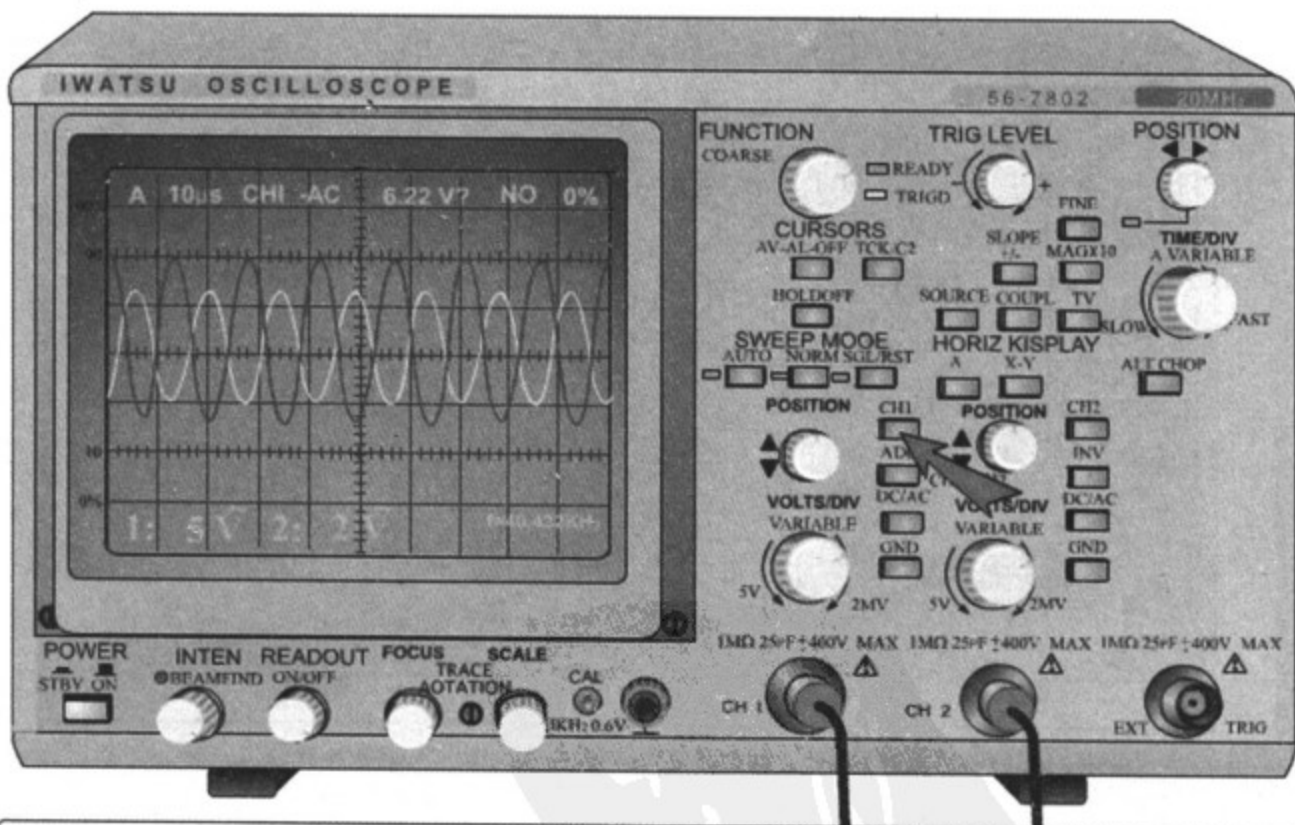
(5) “标尺亮度” 钮，一般调在关闭处。(逆时针旋到底)

图 3-14 调节标尺钮



(6) 示波器具有两路独立的 Y 轴通道，可同时显示两路被测信号。(荧光屏下端的文字符号表示 Y 轴各控制键的状态)
“垂直位移”调节图形在荧光屏上的上下位置。

图 3-15 调节垂直位移旋钮



(7) “通道 1”键的功能是“显示/关闭”通道 1 的被测信号。(按“通道 1”键，关闭通道 1，再按此钮，恢复通道 1 显示；注意观察荧光屏下端的文字显示)

图 3-16 通道 1 键

2”，若要同时关闭，则强行显示“通道 1”，如图 3-17 所示。

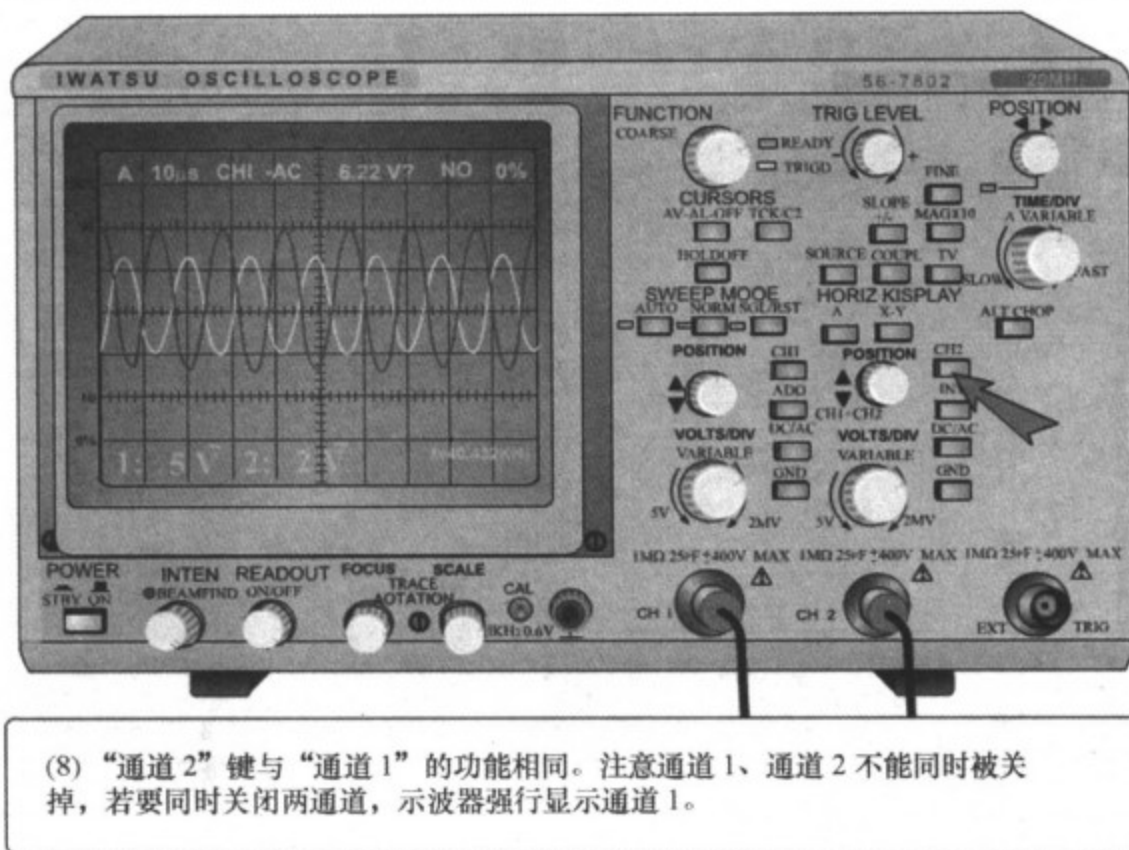


图 3-17 通道 2

(9)“通道 1”、“通道 2”的“接地(GND)”键，用于通道接地，并切断输入信号，此时图像为一条水平线，通常把这条线调到与 X 轴重合，作为零电平处，再按此键，地线符号消失，恢复图像显示，测量中不要按下此键，如图 3-18 所示。

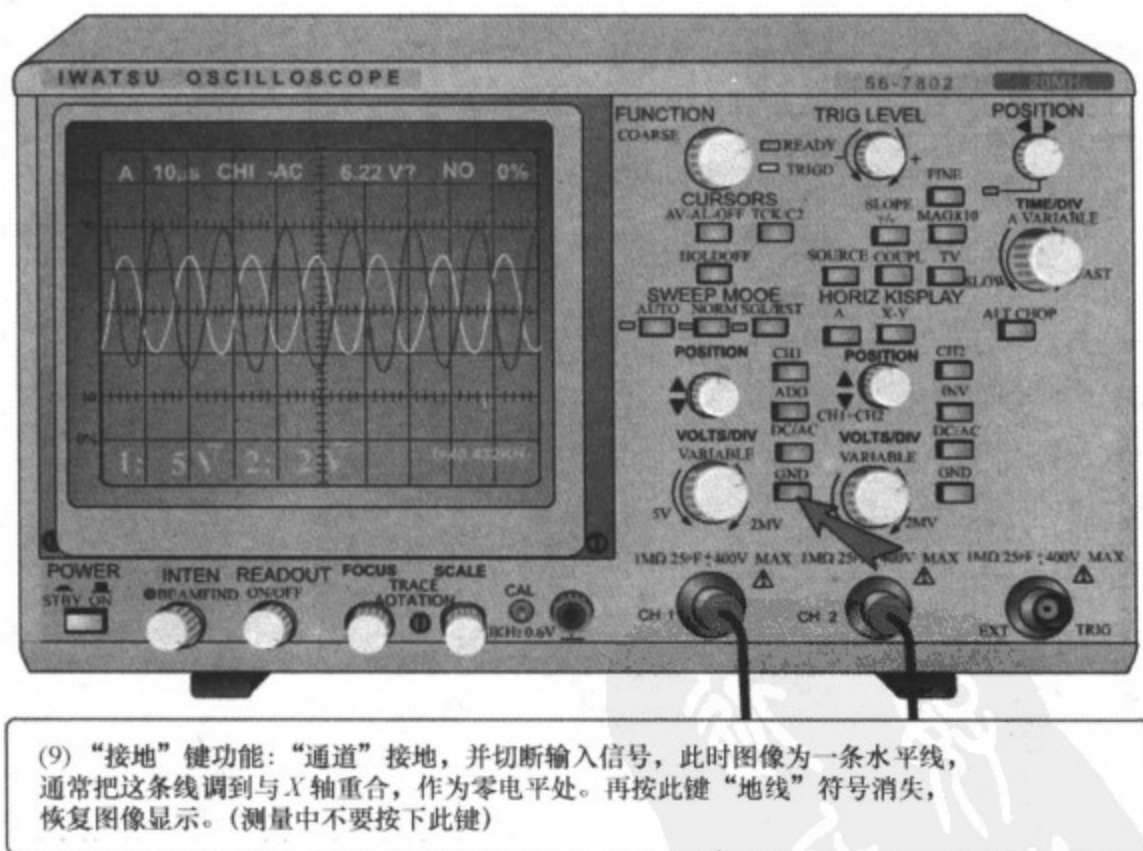
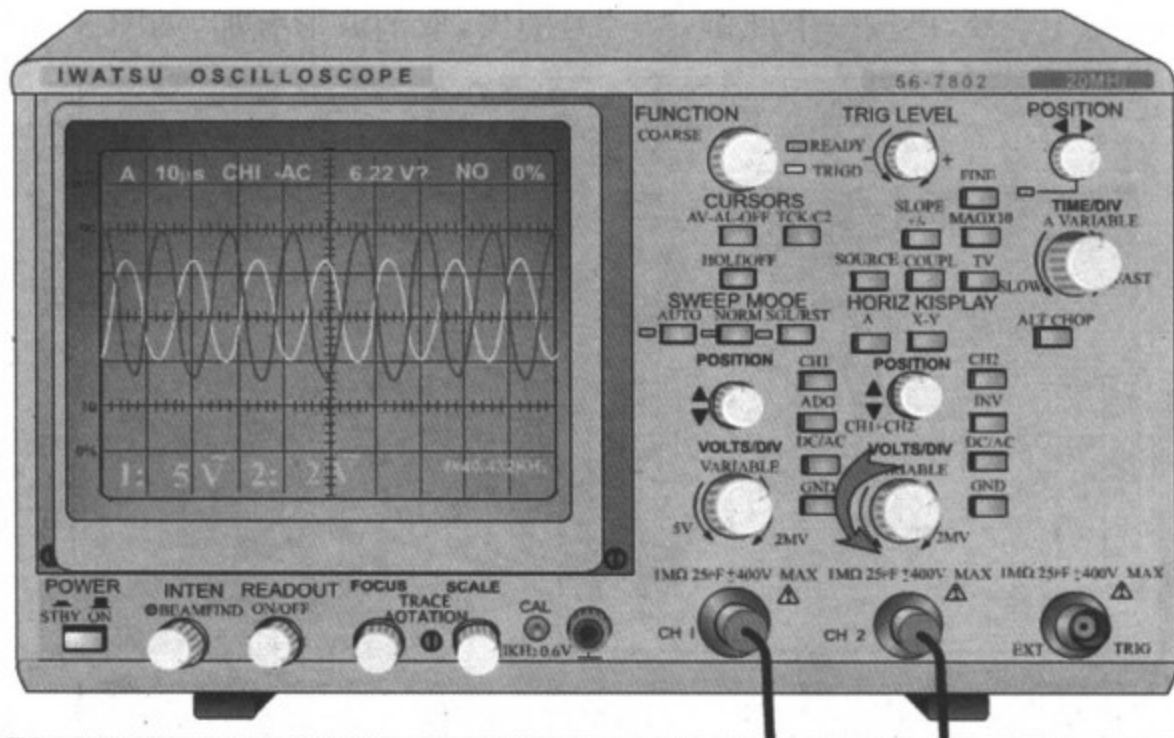


图 3-18 “通道 1”、“通道 2”的“接地”键

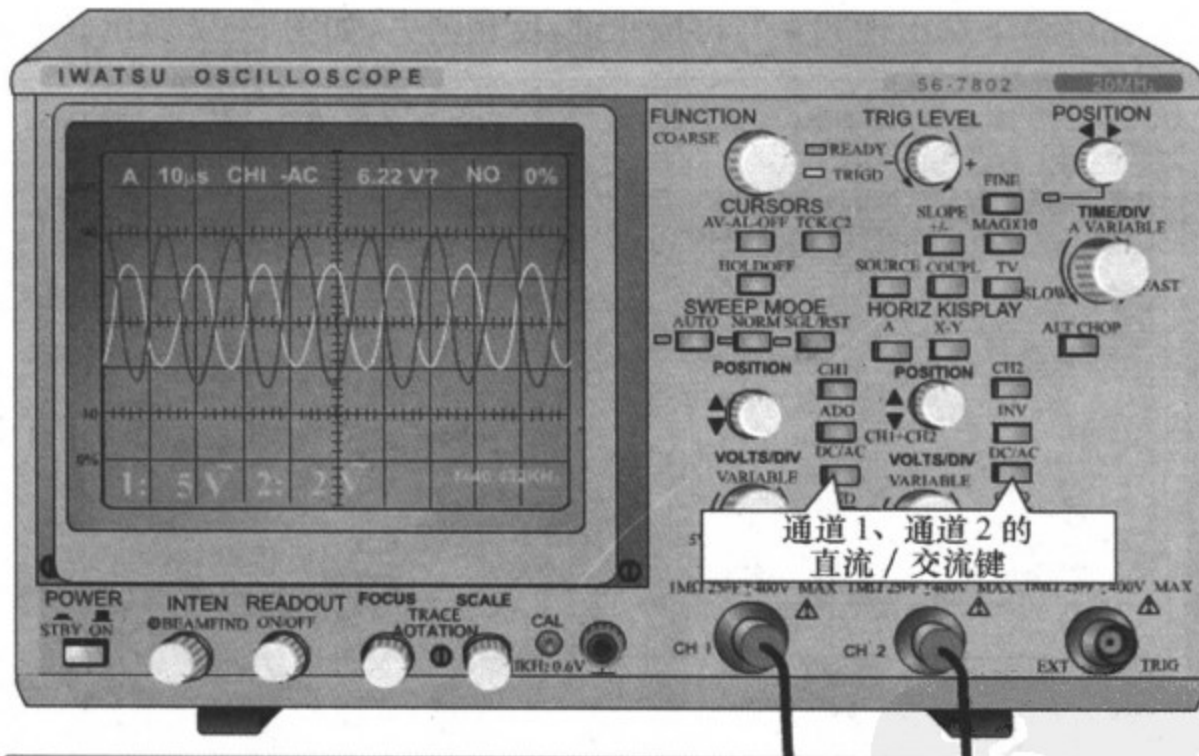
(10)“Y 轴灵敏度(VOLTS/DIV)”，用于改变 Y 轴的分格值(伏/格，V/div)，在屏幕上显示合适的波形，注意有些人在测量时，分格值选的太小，使图像太大，超出了屏幕显示的范围，造成没有图像的假象，如图 3-19 所示。



(10) “Y轴灵敏度”改变Y轴的分格值(伏/格, V/div),在荧光屏上显示合适的波形。注意有些人在测量时,分格值选得小,使图形太大出了荧光屏的显示范围,造成没有图像形的假象。(注意荧光屏下端的分格值)

图 3-19 Y轴灵敏度

(11)“直流/交流(DC/AC)”键,用于选择输入信号的耦合方式是直流输入还是交流输入,注意屏幕下方文字显示电压单位不同,如图 3-20 所示。



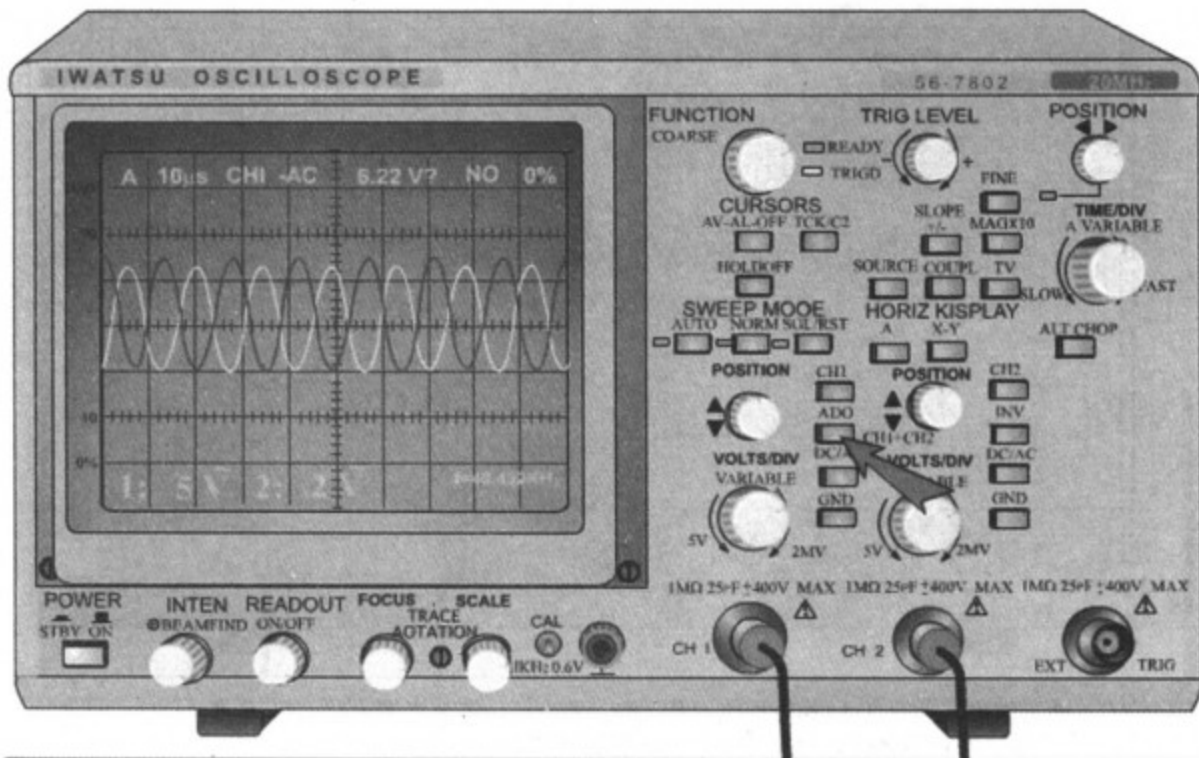
(11) “直流/交流”键,选择输入信号的耦合方式是直流/直流。(注意荧光屏下端文字显示的电压单位符号的不同)

图 3-20 直流/交流键

重点提示 DC耦合方式时,显示输入信号的DC和AC成分;AC耦合方式时,去掉波形中的DC成分,只显示输入波形的AC成分。

(12)“相加(ADD)”键,按下此键,“通道1”、“通道2”的波形相加,并显示叠加波形,

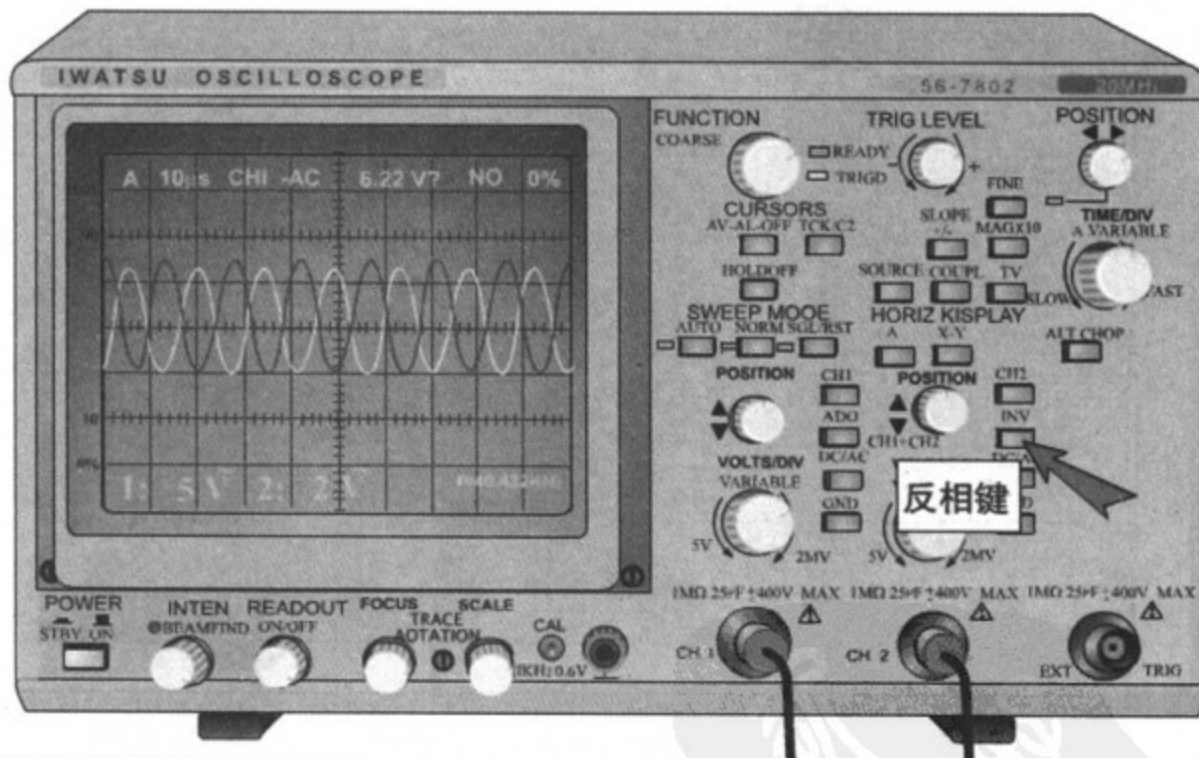
屏幕下方会出现“+”号,再按一下此键,“+”号消失,取消波形叠加,如图 3-21 所示。



(12) “相加”键,按下此键,通道 1、通道 2 的波形相加,并显示叠加波形;荧光屏下端会出现“+”号,在按此键“+”号消失,取消波形叠加。

图 3-21 相加键

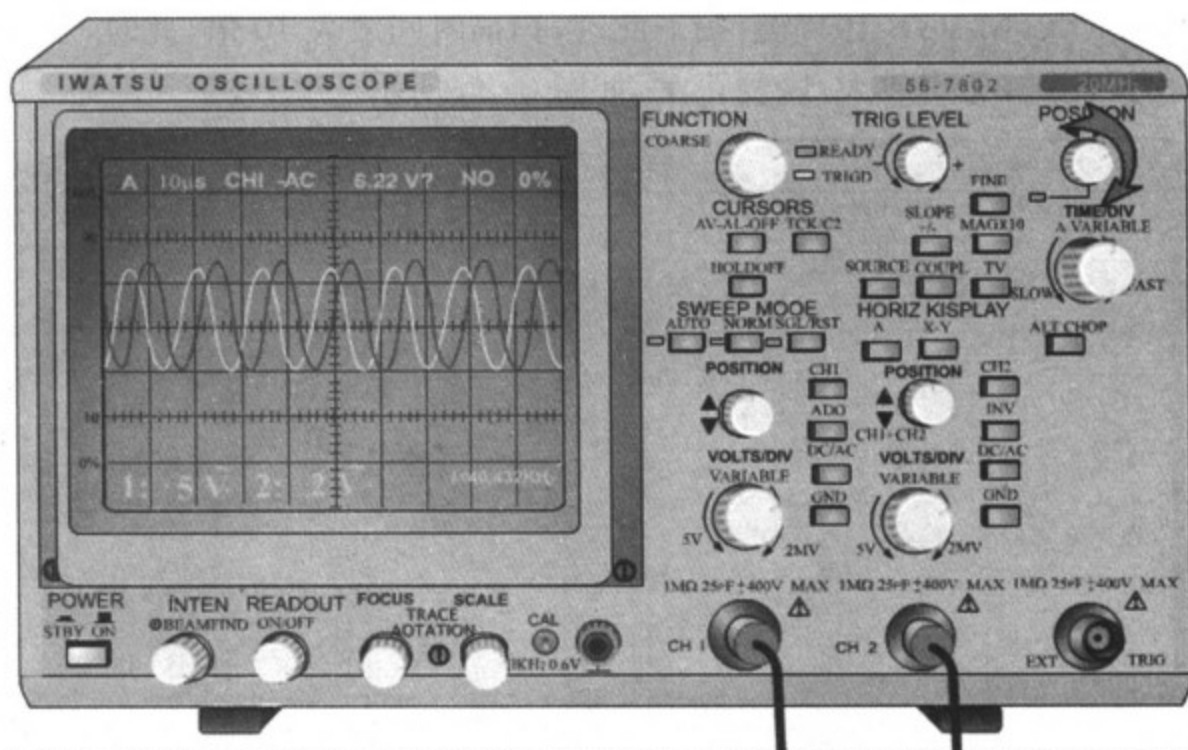
(13)“反相(INV)”键,按下此键,通道 2 的信号反相,相当于“通道 1”、“通道 2”的信号相减,此时,在屏幕下端出现“2↓”,再按此键,反相消失,如图 3-22 所示。



(13) “反相”键,按下此键,通道 2 的信号反相,相当于通道 1、通道 2 的信号相减;此时在荧光屏下端出现“2↓”,再按此键“反相”消失。

图 3-22 反相键

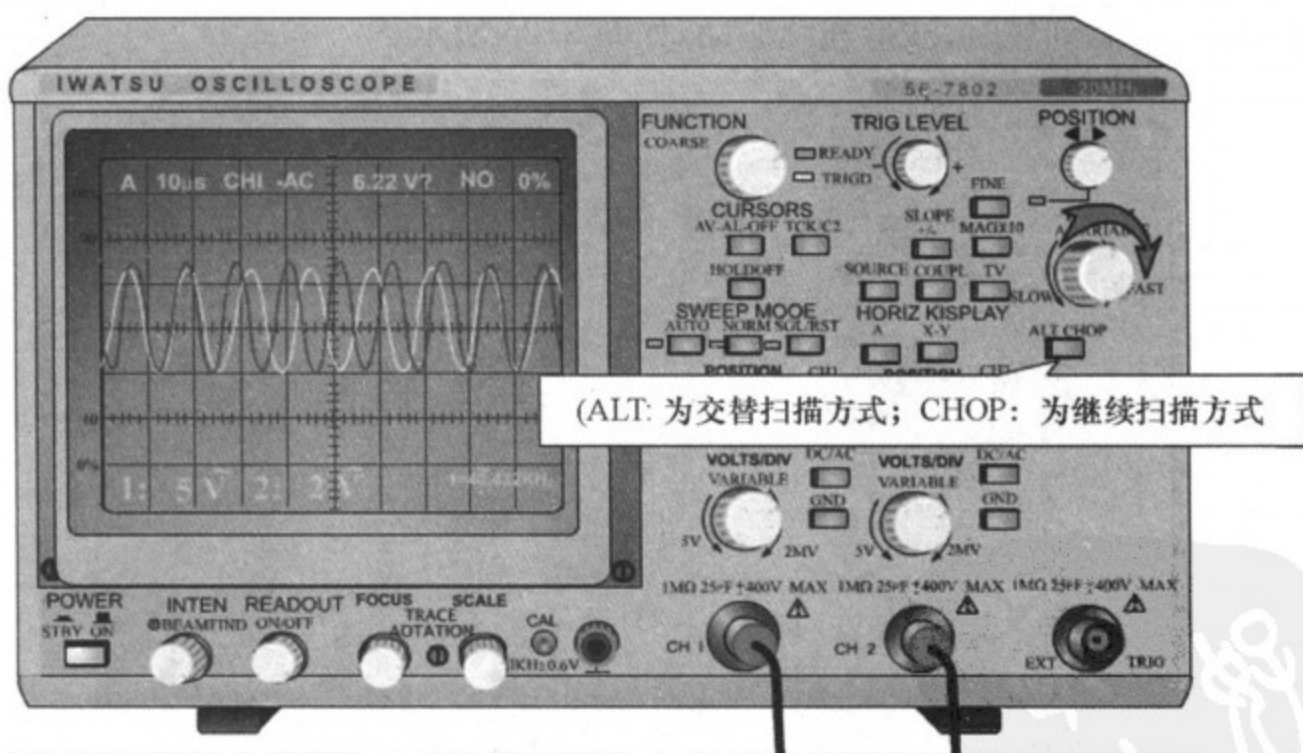
(14)X 轴“水平位置”钮,用于调节图像在水平方向的位置。屏幕上端的符号表示与 X 轴相关的各控制键的功能,如图 3-23 所示。



(14) 示波器的 X 轴：“水平位置”钮，调节图形在水平方向的位置。
(荧光屏上端的文字符号表示与 X 轴相关的各控制键的功能)

图 3-23 水平位置

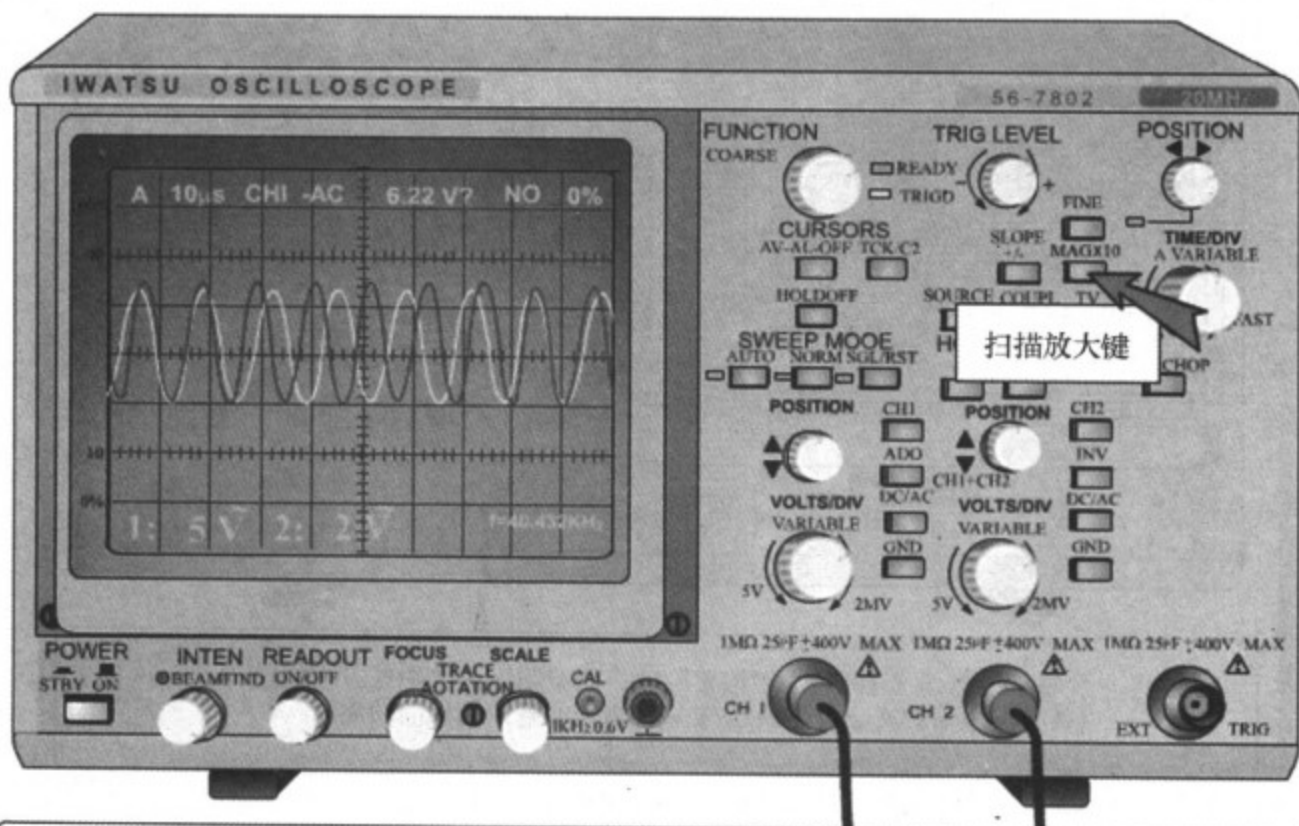
(15) “扫描时间 (TIME/DIV)” 钮，用于改变扫描时间的分格值 (时间/格, t/div)，显示时间的变化显示在屏幕的左上方，按下“扫描时间”钮，屏幕左上方出现“>”号，此时调节该钮只对波形进行微调，扫描时间不变，再按此钮，“>”号消失，恢复扫描时间调节，如图 3-24 所示。



(15) “扫描时间”钮，改变扫描时间的分格值 (时间/格, t/div)，扫描时间的变化显示在荧光屏左上端，按下“扫描时间”钮，荧光屏左上端出现“>”，此时调节该钮只对波形进行微调，扫描时间不变。再按此钮“>”消失，恢复扫描时间的调节。

图 3-24 扫描时间

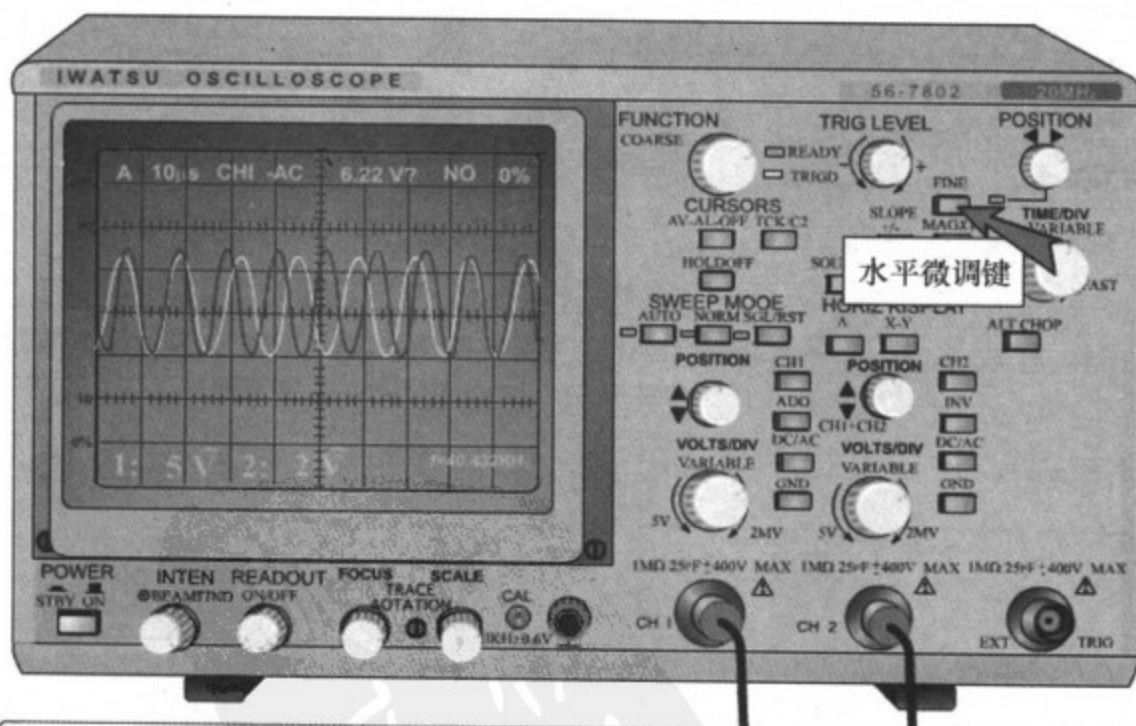
(16)“扫描放大(MAG×10)”键,按下此键,扫描时间放大 10 倍,此时,屏幕右下角显示“MAG”,再按此键,关闭放大,恢复正常,如图 3-25 所示。



(16)“扫描放大”键,按下此键扫描时间放大 10 倍,此时在荧光屏右下角显示“MAG”。再按此键,关闭“放大”,恢复正常。

图 3-25 扫描放大

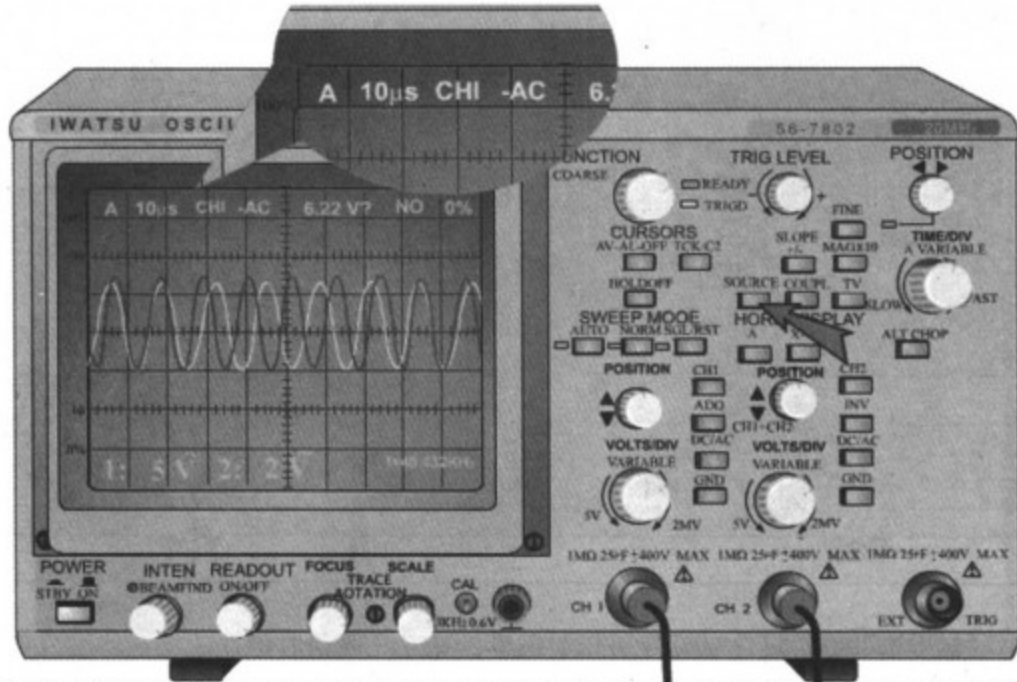
(17)“水平微调(FINE)”键,按一下此键小灯亮,此时“水平位置”变成微调,当“水平位置”钮左旋或右旋到底时,波形连续滚动,如图 3-26 所示。



(17)“水平微调”,按一下此键小灯亮,此时“水平位置”调节变成微调,当“水平位置”钮左旋或右旋到底时,波形连续滚动。

图 3-26 水平微调

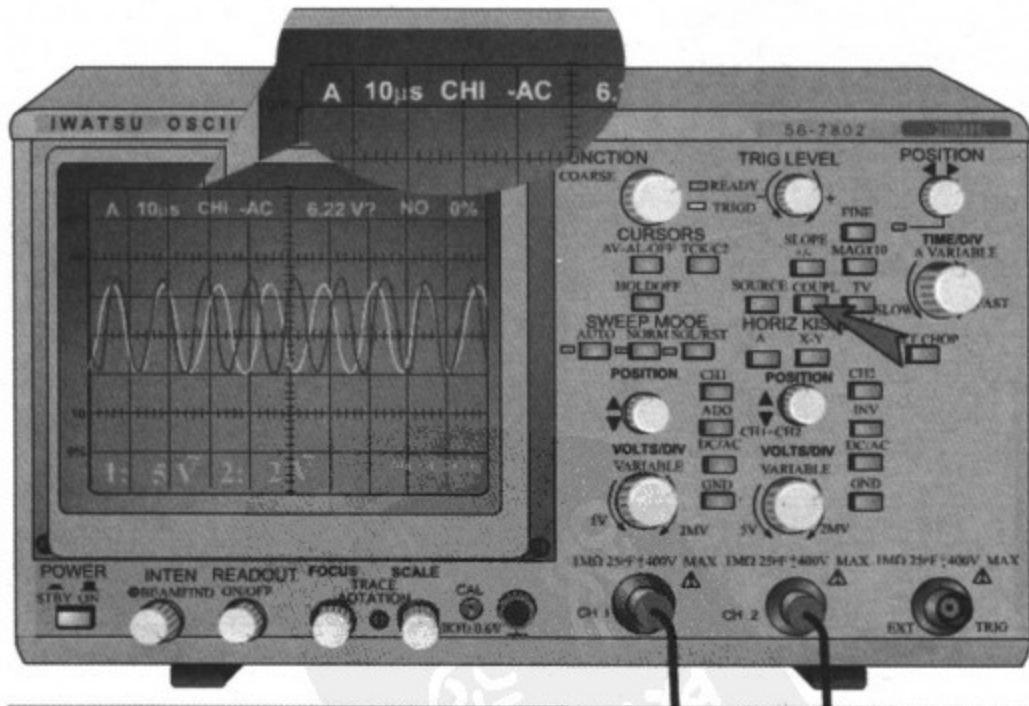
(18)“触发源(SOURCE)”键,连续按此键,可选择不同的触发源,所选择的触发源显示在屏幕的上端,可有 5 种选择:CH1(取自通道 1 的信号),CH2(取自通道 2 的信号),EXT(取自外触发源的信号),LINE(取自通道电源的信号),VERT(取自通道 1 和通道 2 的混合信号)。例如,在实际使用中,要观察 CH1 的信号,就选择“CH1”为触发源,如图 3-27 所示。



(18) “触发源”键,连续按此键选择不同的触发源(所选择的触发源显示在荧光屏的上端),可有 5 种选择: CH1(取自通道 1 的信号),CH2(取自通道 2 的信号),EXT(取自外触发源的信号),LINE(取自通道电源的信号),VERT(取自通道 1、通道 2 的混合信号)。例如: 在实际使用中,要观测 CH1 的被测信号,就选 CH1 为触发源。

图 3-27 触发源

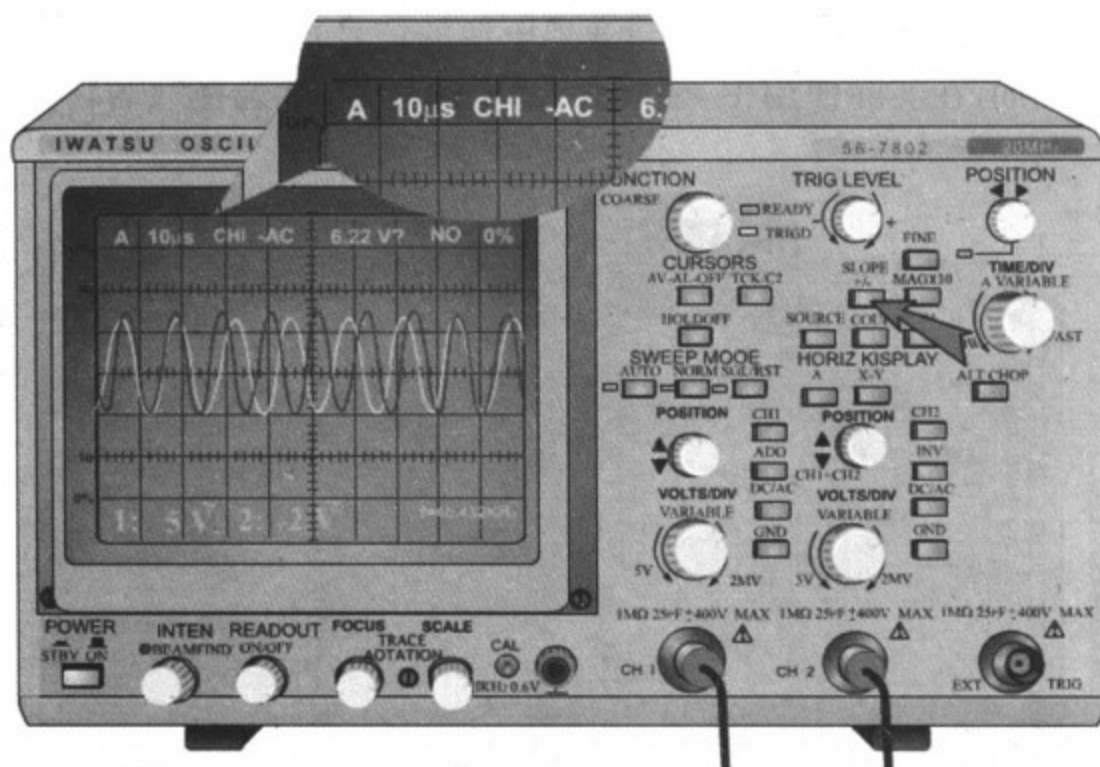
(19)“触发耦合(COUPLE)”键,连续按此键,可选择 4 种触发耦合方式:AC(交流),DC(直流),HF-R(抑制高频),LF-R(抑制低频),如图 3-28 所示。



(19) “触发耦合”键,连续按此键可选择 4 种触发器耦合方式: AC,DC, HF-R(抑制高频),LF-R(抑制低频)。

图 3-28 触发耦合

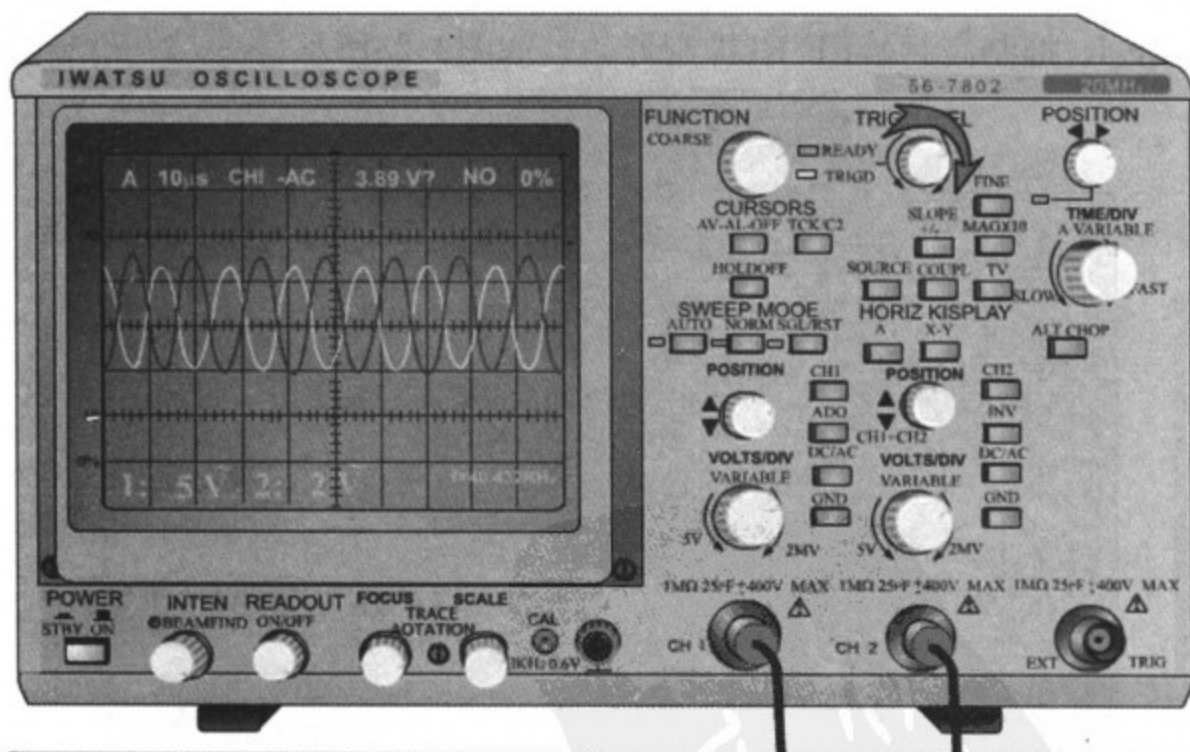
(20)“触发沿(SLOPE)”的选择：“+”表示上升沿触发，“-”表示下降沿触发，如图 3-29所示。



(20) “触发沿”的选择：+ 表示上升沿时触发，- 表示下降沿时触发。

图 3-29 触发沿

(21)“触发电平(TRIG LEVEL)”钮，旋转此钮，当钮旁的 TRIGD 灯亮时，说明触发电平已调合适，此时，屏幕上的波形一定是稳定的，一旦 TRIGD 灯熄灭，波形则无法稳定，则需调节“触发电平”钮使灯亮，如图 3-30 所示。



(21) “触发电平”钮，旋转此钮，当钮旁的“TRIG'D”灯亮时，说明触发电平已调合适，此时荧光屏上的波形一定是稳定的。一旦“TRIG'D”灯灭，波形就无法稳定，则需调节“触发电平”钮，使灯亮。

图 3-30 触发电平

(22)按“扫描显示(A)”键,选择示波器内部的锯齿波扫描信号加到 X 轴,如图 3-31 所示。

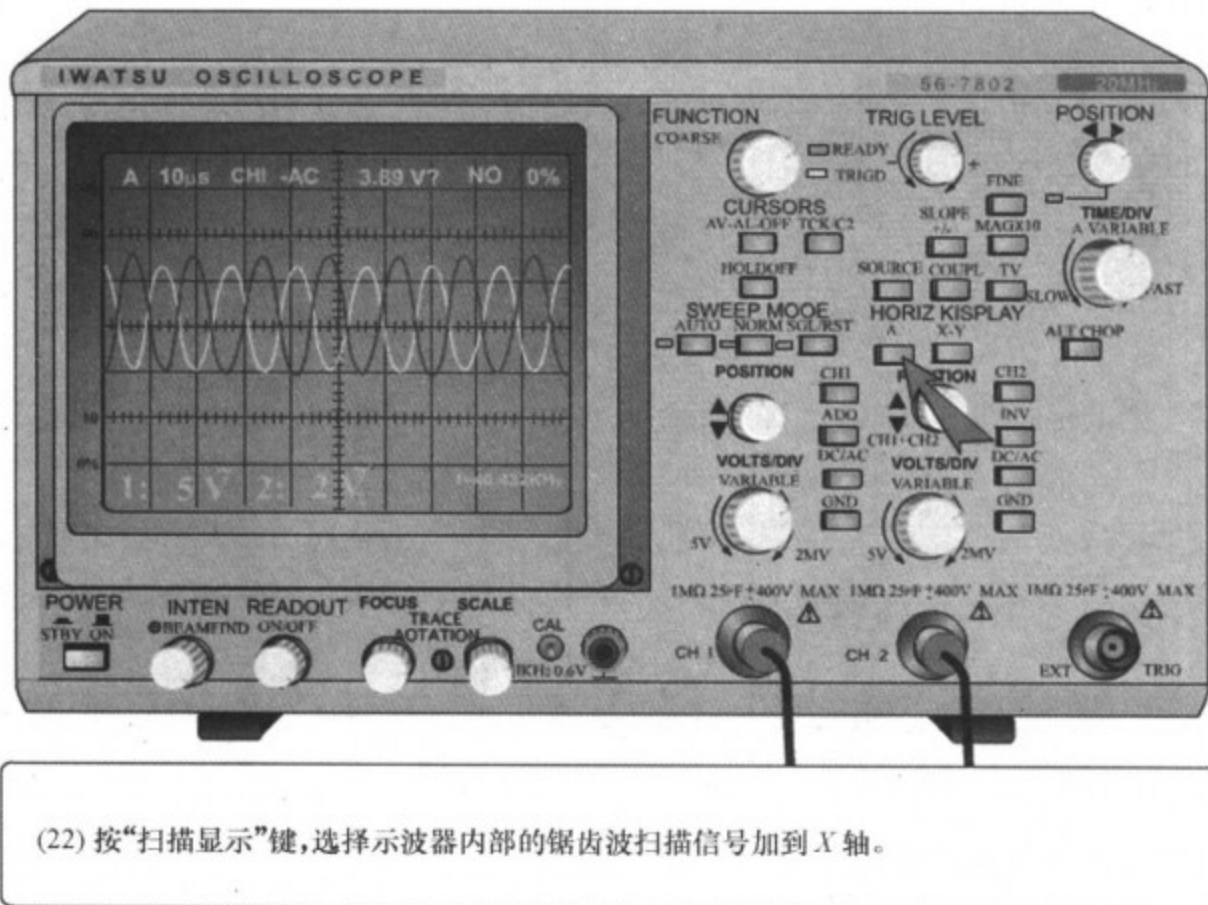


图 3-31 扫描显示

(23)按“X-Y 显示(X-Y)”键,断开示波器内部锯齿波信号,而以 CH1 输入的信号为 X 轴的扫描信号,再按 A 键,回到内部扫描,如图 3-32 所示。

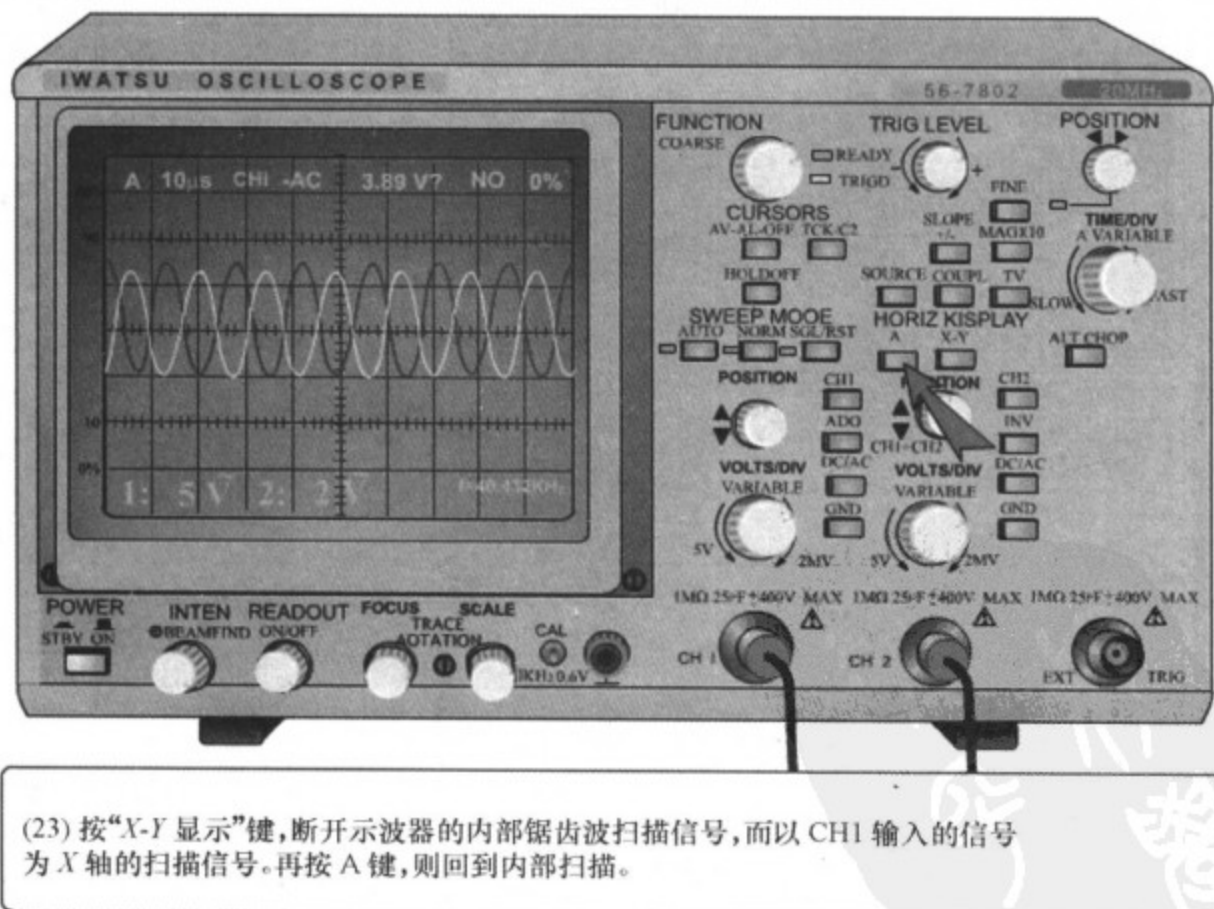
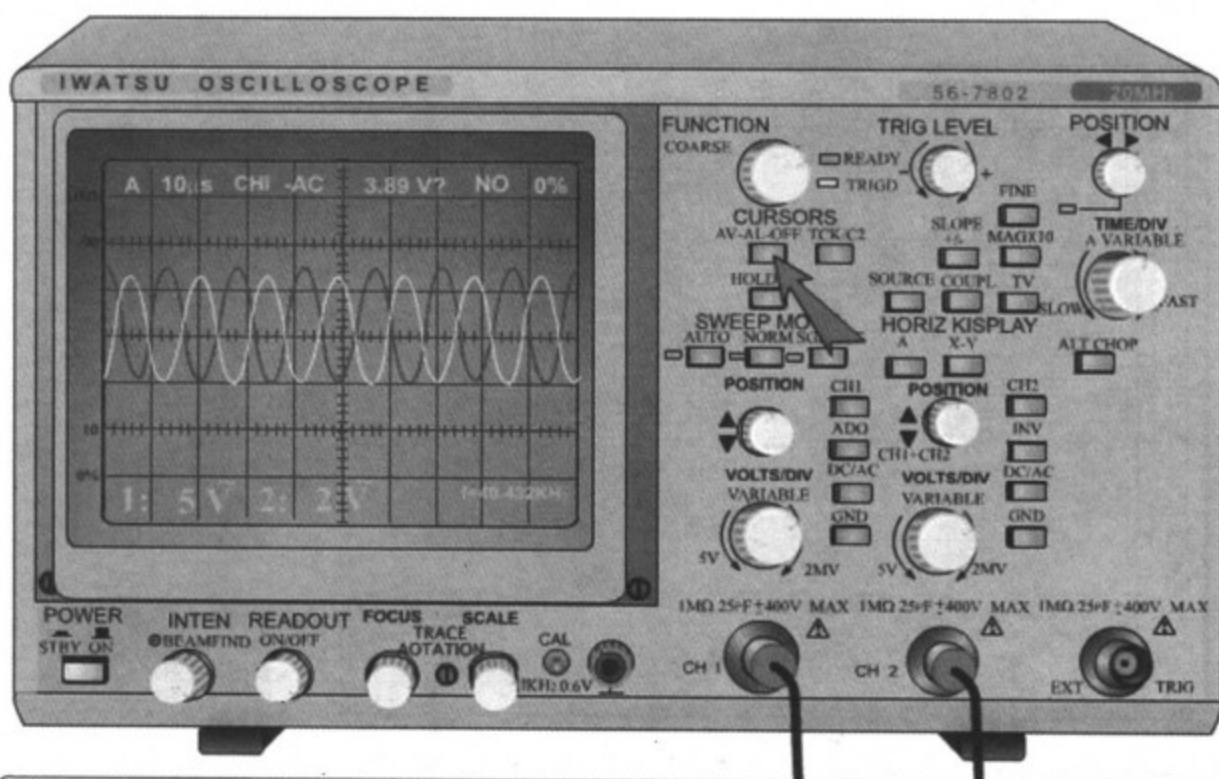


图 3-32 X-Y 显示键

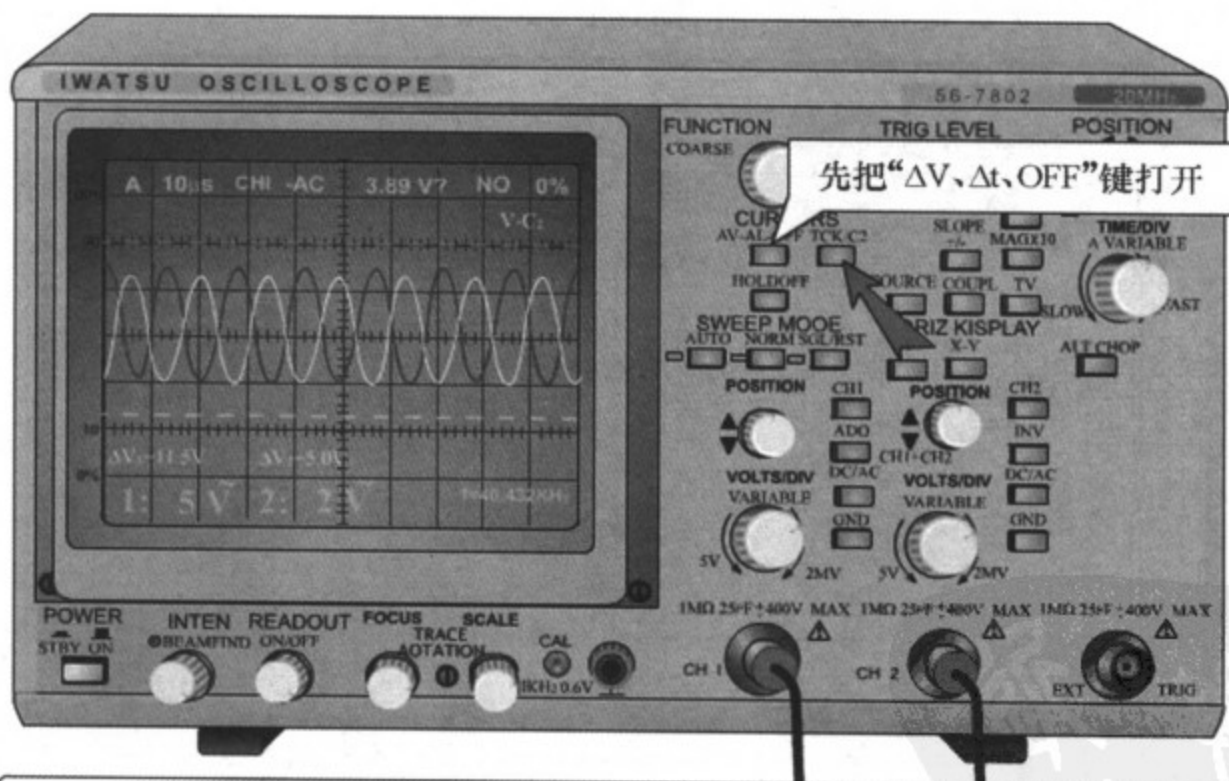
(24)按“ ΔV - Δt -OFF”键,可选择测电压差、时间差或关闭此读数系统,如图 3-33 所示。



(24) 按“ ΔV 、 Δt 、OFF”键,可选择测“电压差”、“时间差”或关闭此读数系统。

图 3-33 电压差、时间差键

(25)按“光标跟踪(TCK/C2)”键,用来选择让哪条光标移动,如图 3-34 所示。



(25) 按“光标跟踪”键,用来选择让哪条示标移动。

图 3-34 光标跟踪

(26) 旋转“光标调节(FUNCTION)”钮,让光标夹住要测量的信号,按此钮,光标移动得快,旋转此钮光标移动得慢,如图 3-35 所示。

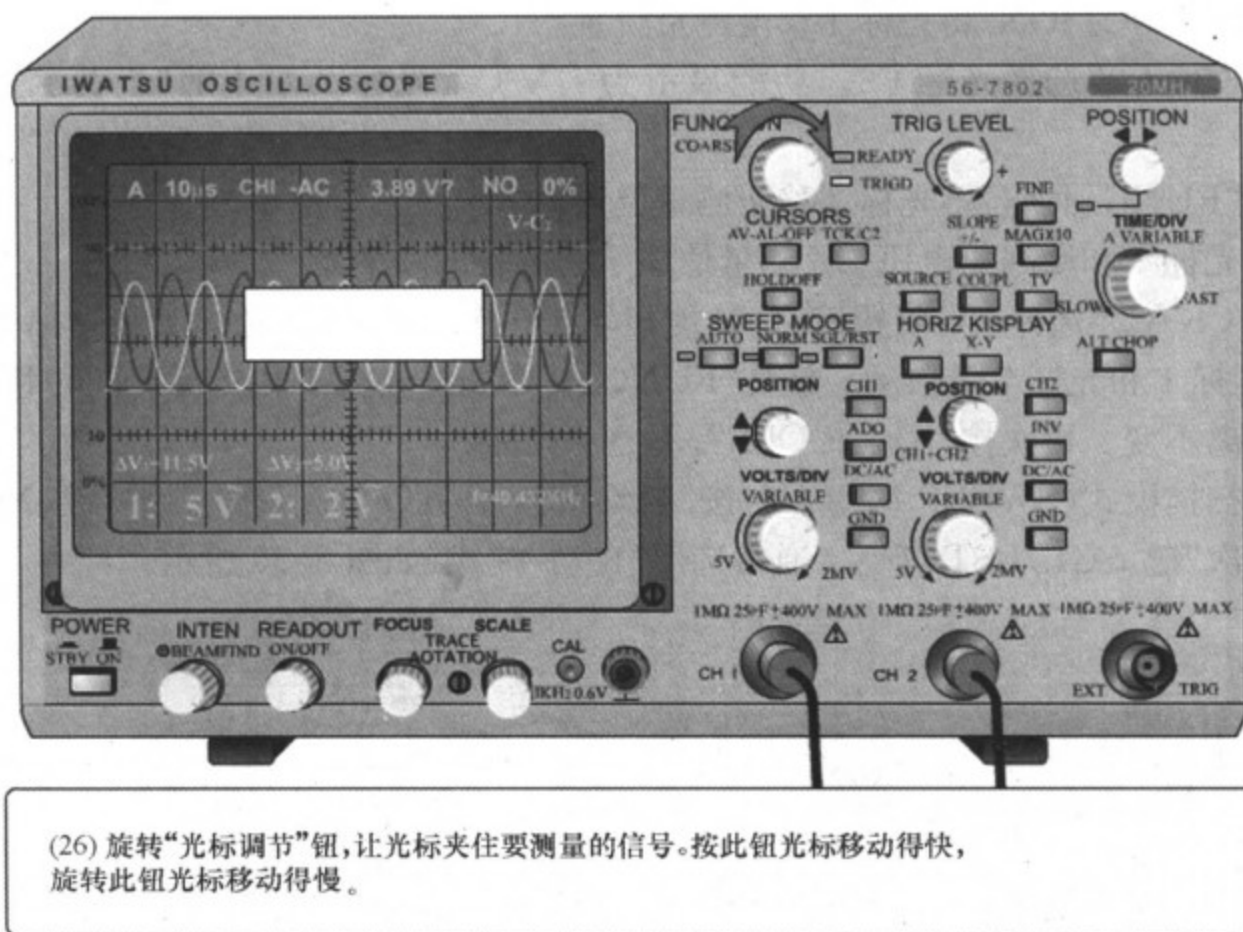


图 3-35 光标调节

方法技巧如下。

①移动测量光标。当按下“ $\Delta V-\Delta t-OFF$ ”键时,示波器处于电压测量或时间测量状态,屏幕上会出现两条垂直或水平的测量光标。使用“TCK/C2”键可以选择要移动的测量光标,然后使用“FUNCTION”键确定光标位置。当“FUNCTION”键被按下或连续按下时,可对位置方向进行粗调。

②时间间隔 Δt 及频率 $1/\Delta t$ 的测量方法。按“ $\Delta V-\Delta t-OFF$ ”键选择 Δt 。将显示光标 1 和光标 2,时间间隔 Δt 及频率 $1/\Delta t$ 的测量值显示于屏幕的左下角。

按“TCK/C2”选择光标 C1。功能显示为 f: H-C1,光标 1 上方的“1”表示光标 1 可移动。

旋转“FUNCTION”将光标 1 移至测量位置。

按“TCK/C2”选择光标 C2。功能显示为 f: H-C2,光标 2 上方的“1”表示光标 2 可移动。

旋转“FUNCTION”将光标 2 移至测量位置。

最新光标 1 和 2 间的时间间隔 Δt 及频率 $1/\Delta t$ 测量值显示于屏幕的左下角。

按“TCK/C2”选择 TCK(跟踪)。功能显示为 f: H-TRACK,光标 1 和光标 2 上方的“1”表示光标 1 和光标 2 可移动。旋转“FUNCTION”时,光标 1 和光标 2 同时移动,但光标间的距离不变。再次按“ $\Delta V-\Delta t-OFF$ ”,不显示光标。

③电压(V)的测量方法。按“ $\Delta V-\Delta t-OFF$ ”选择 ΔV 。将显示光标 1 和光标 2,光标 1 和光标 2 间的 ΔV_1 和 ΔV_2 测量值显示于屏幕的左下角。

按“TCK/C2”选择光标 C1。功能显示为 f: V-C1, 光标 1 左边的“-”表示光标 1 可移动。

旋转“FUNCTION”将光标 1 移至测量位置。

按“TCK/C2”选择光标 C2。功能显示为 f: V-C2, 光标 2 左边的“-”表示光标 2 可移动。

旋转“FUNCTION”将光标 2 移至测量位置。

最新光标 1 和 2 间的电压 ΔV 测量值显示于屏幕的左下角。

按“TCK/C2”选择 TCK(跟踪)。功能显示为 f: V-TRACK, 光标 1 和光标 2 左边的“-”表示光标 1 和光标 2 可移动。旋转“FUNCTION”时, 光标 1 和光标 2 同时移动, 但光标间的距离不变。再次按“ $\Delta V-\Delta t$ -OFF”, 不显示光标。

(27)扫描模式(SWEEP MODE), 按“自动”键, AUTO 灯亮, 按“正常”键, NORM 灯亮, 按“单次”键, SGL/BST 灯亮。通常选用“自动”模式, 如图 3-36 所示。

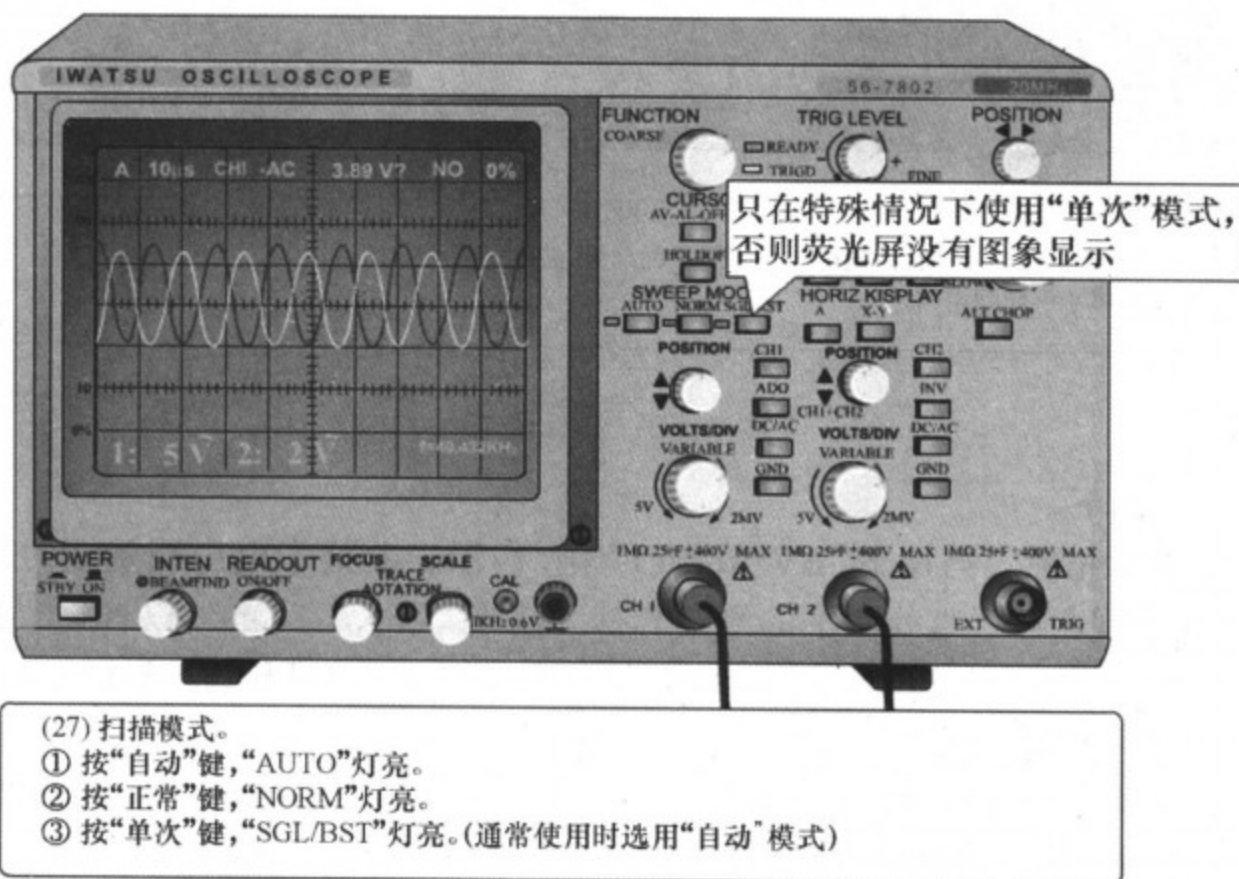


图 3-36 扫描模式

重点提示 对通用示波器的选用, 应在对示波器的基本性能、主要参数等方面有所了解的基础上进行, 因此, 对示波器的基本知识的掌握也是很重要的, 否则对示波器的选用、使用都是较盲目的。例如, 选用示波器就得考虑要测的信号频率是低频还是高频。像一般教学用 325 型示波器, 它要求被测信号的频率最高不超过 2MHz, 可以用它来显示中波收音机电路中各处的信号波形; 但不能用它来显示视频信号, 因为视频信号的频率最高可达 6MHz。再如 ST-16 型示波器, 它所测的信号频率最高为 10MHz, 能测视频信号及电视机的行、场扫描信号; 但不能测电视中频信号, 因为电视中频信号的频率范围为 28MHz~40MHz。若用工作频率较低的示波器去测频率较高的信号的波形会怎么样呢? 就会使显示出来的波形严重失真。示波器的通频带越宽, 被测信号的波形失真就越小。一般要求示波器通频带的上限频率应大于被测信号最高

频率 3 倍以上。例如,要观测频率为 100kHz 的正弦波信号的波形,应选择通频带宽度大于 300kHz 的示波器。

现在较普及的 DC4322 通用 20M 双踪示波器,其频带宽度为 0MHz~20MHz,它不仅频带比上述两种型号的宽,而且可以同时显示两个信号的波形(双踪),因此这种型号的示波器在无线电维修测试中使用是较方便的。但是,有些电信号的波形,DC4322 通用 20M 双踪示波器无法观测,像电视中频信号,其频率高达近 40MHz,这就需要工作频率更高的示波器。

第四节 通用(模拟)示波器的基本测量方法

一、示波器的使用

1. 使用前的准备

下面以 DC4322 通用 20M 双踪示波器为例进行说明。

(1)将面板上的各旋钮置于下列位置(以使用 Y1 通道测量信号为例)。

①辉度控制置于中间。

②输入耦合开关置于 AC。

③V/DIV 选择开关根据被测信号的幅度大小置于适当位置(例如,被测信号在 5V 左右,可将此开关置于 1V/div)。

④位移/直流偏置开关置于中间位置。

⑤工作方式选择开关置于通道 1 位置。

⑥扫描时间选择开关根据被测信号的频率置于合适位置。一般情况下,若测量的是行同步信号,宜置于 $5\mu\text{s}/\text{div} \sim 20\mu\text{s}/\text{div}$ 。若测量的是场同步信号,宜置于 $5\text{ms}/\text{div} \sim 20\text{ms}/\text{div}$ 。若测量的是数字信号,易置于 $0.5\mu\text{s}/\text{div}$ 。

⑦扫描微调置于校正位置(顺时针旋到底)。

⑧触发源选择开关置于“内”。

⑨内触发选择开关置于“Y1”。

⑩触发方式选择置于“自动”。

(2)接通电源开关,电源指示灯亮,几秒钟后,屏幕上应看到一条扫描线,再适当调节辉度旋钮,使扫描线亮度适中,调节聚焦旋钮,使扫描线最细,调节位移旋钮,使扫描线和屏幕中间的水平刻度线重合。

(3)预热几分钟之后,示波器就可以使用了。

2. 示波器探头的校正

示波器探头是一个范围很宽的电压衰减器,应有良好的相位补偿,否则,显示出来的波形会因探头的性能而畸变,产生测量误差。在使用之前,应对探头进行适当的补偿调节。以 DC4322 通用 20M 双踪示波器配备的探头为例,把探头接到通道 Y1 或通道 Y2 的输入端,并把探头的衰减开关置 $\times 10$ 位置。把垂直幅度衰减开关调到 10mV/div 挡,再将探头针触到校准电压输出端子,用示波器附带的无感起子调节探头上的补偿器,使之获得理想的波形,如图 3-37 所示。

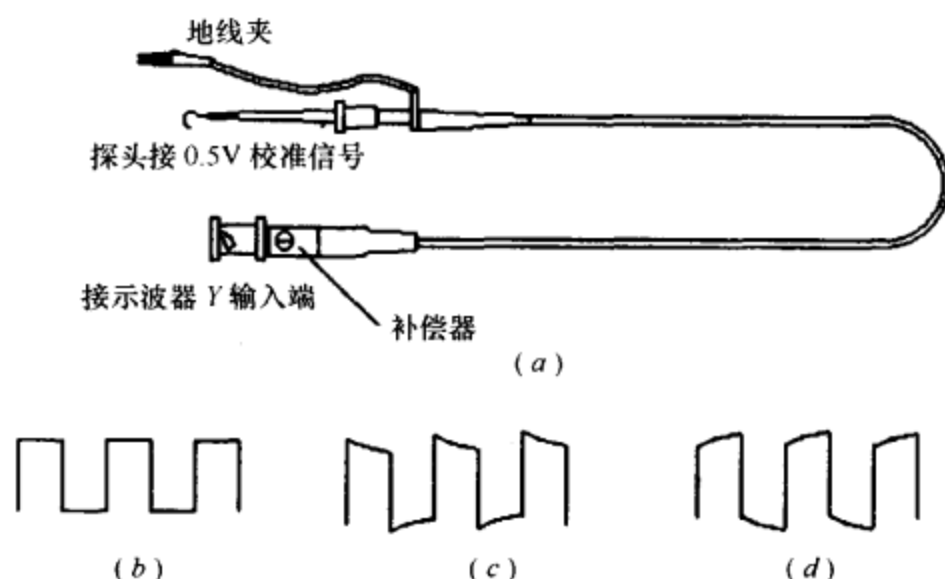


图 3-37 示波器探头的补偿调节

(a)示波器探头；(b)理想波形，不需调节补偿器；(c)需调节补偿器；(d)需调节补偿器。

3. 示波器的校正

1) 示波器精度的校正

示波器在使用一段时间或经存放和修理后，应对示波器进行校准。在用示波器进行定量测量时，对示波器的测试精度进行校准是非常必要的。还有些示波器如 BS-7701 型的测试精度与电源电压有关，当市电电压偏离 220V 较大时，就会产生测量误差，因而在这种情况下也需要对示波器的测试精度进行校准。

示波器精度校准分垂直幅度校准和时基校准两个方面。以 BS-7701 型示波器为例，开机 20min 后，待示波器内部稳定后可开始校准工作。先将 Y 衰减开关放“校正”挡，扫描速度放 0.1ms/格挡，调节同步旋钮使显示波形稳定，屏幕上应有峰峰值为 4 格的方波，即 40mV，若不是 4 格，应调节 Y 通道上微调电位器 W_3 使垂直幅度正好为 4 格，垂直幅度即告调好。该方波在屏幕水平方向应有 10 个完整波形，即 1 个周期占 1 格，方波周期 $T=1$ 格 $\times 0.1\text{ms/格}=0.1\text{ms}$ (频率为 10kHz)。若一个周期在水平方向所占的格数大于 1 格或小于 1 格，说明扫描速度变快了或变慢了，应调节 X 轴通道板上的微调电位器 W_7 ，当扫描方波在水平方向刚占 10 格时，就完成了时基校准工作。

2) 扫描基线的校正

示波器应用在不同的场合会因外磁场的不同而引起扫描基线发生倾斜，此时需要对扫描基线进行校正，以 DC4322 通用 20M 双踪示波器为例，校正方法是：用螺丝刀调节“基线旋转”（第 5 旋钮）。使扫描线和示波器的水平刻度线平行。

3) 直流平衡校正

以 DC4322 通用 20M 双踪示波器为例，直流平衡校正的方法是：置 Y1、Y2 输入耦合开关接地，置触发方式开关为自动，然后移扫描线到刻度中心（垂直方向）。然后，将 V/DIV 开关在 5mV 挡和 10mV 挡之间变换，调节“直流平衡调节”（第 24 旋钮、第 25 旋钮），直至扫描线无任何位移即可。

注意事项如下。

(1) 测试前，应首先估算被测信号的幅度大小，若不明确，应将示波器的 V/DIV 选择开关置于最大挡，避免因电压过大因损坏示波器。

(2)DC4322 通用 20M 双踪示波器和其他大多数示波器有一些扩展挡位和旋钮,定量测量时一定要检查一下这些旋钮所处的状态,否则会引起读数错误。

(3)用示波器检测家用电器时,示波器探头也有一个接地点的选择问题。检测电路主板部分时,探头地线夹要接主板地,检测电源部分时,探头地线夹则要接电源部分的悬浮地。

(4)若测量信号比较弱,示波器上显示的波形就不容易同步。这时,可采取以下两种方法加以解决(以 DC4322 通用 20M 双踪示波器为例)。

①仔细调节示波器上的触发电平控制旋钮(第 34 旋钮),使被测信号稳定和同步。必要时,可结合调整扫描微调旋钮(第 27 旋钮),但应注意,调节该旋钮,会使屏幕上显示的频率读数发生变化(反时针旋转扫描因素扩大 2.5 倍以上),给计算频率造成一定困难,一般情况下,应将此旋钮顺时针旋转到底,使之位于校正位置(CAL)。

②可使用与被测信号同频率(或整数倍)的另一强信号作为示波器的触发信号,例如,测试视频信号常取行逆程脉冲或行同步信号作为触发信号,该信号可以从直接从示波器的第 2 通道输入。

(5)示波器工作时,周围不要放一些大功率的变压器,否则,测出的波形会有重影和噪波干扰。

(6)示波器可作为高内阻的电流电压表使用,电路中有一些高内阻电路,若用普通万用表测电压,由于万用表内阻较低,测量结果会不准确,而且还可能会影响被测电路的正常工作,而示波器的输入阻抗比起万用表要高得多,使用示波器直流输入方式,先将示波器输入接地,确定好示波器的零基线,就能方便地测量被测信号的直流电压。

二、示波器的基本测量方法

下面以 DC4322 通用 20M 双踪示波器为例进行说明。

1. 电压的测量

(1)交流电压的测量。交流电压的测量也就是测量信号的峰峰值,即信号的幅度。测量时,将输入耦合开关置于 AC 位置(扩展控制开关未拉出),被测交流电压信号从 Y1 或 Y2 输入,调节 V/DIV 开关,使波形幅度合适。如果不知道被测信号幅度,可先放在衰减较大的挡位(如 5V/div),然后逐步减小衰减量使幅度便于观察。扫描时间选择开关以便于观察读数为宜,然后调节触发电平控制旋钮,使屏幕上出现稳定的波形。从屏幕上读出波形峰峰间所占的格数,将它乘以 V/DIV 选择开关的挡位,即可计算出被测信号的交流电压值。

被测信号的幅度值等于被测信号在垂直方向所占的格数与伏/度(V/DIV)选择开关的乘积,用公式表示为

幅度值=伏/度选择开关的挡位×被测信号所占格数

例如,若测得的某一信号的波形如图 3-38 所示,其中,伏/度选择开关置于 0.5V/div,扫描时间选择开关置于 0.5ms/div,测试探头置于 1:1。从图中可以看出,该波形的峰峰值在垂直方向上占 4 格,根据以上公式,可知该信号的幅度值为

$$0.5\text{V/div}\times 4\text{格}=2\text{V}$$

若测试探头置于 10:1,则被测信号的幅度值应乘以 10,即 $2\text{V}\times 10=20\text{V}$ 。

(2)直流电压的测量。置输入耦合开关于“DC”位置,扫描时间选择开关可置任意挡,

被测信号直接从Y轴输入,若扫描线原在中间,则正电压输入后,扫描线上移,负电压输入后,扫描线下移,扫描线偏移的格数乘以伏/度选择开关的挡位,即可计算出输入信号的直流电压值。

例如,图 3-38 是示波器探头置于 1:1,输入耦合开关置于“AC”位置所测得的信号,若将输入耦合开关置于“DC”后,被测信号波形向上平移了 3 格,则根据以上可知:被测点的直流电压为

$$3 \text{ 格} \times 0.5 \text{ V/div} = 1.5 \text{ V}$$

在图 3-38 中,若使用的是 10:1 探头,将输入耦合开关置于“DC”后,若被测信号波形向上仍平移了 3 格,则被测点的直流电压为

$$3 \text{ 格} \times 0.5 \text{ V/div} \times 10 = 15 \text{ V}$$

(3)瞬时电压的测量。在一般情况下,被测信号的电压同时含有直流分量和交流分量,在测量时,有时也需要将两种分量的复合值即瞬时电压测出。瞬时电压测量与交流分量电压测量有一定区别,瞬时电压的测量需要一个参考电平线。

将 AC-GND-DC 开关置 DC 位置,先将 Y1(或 Y2)输入端接地,调 Y1(或 Y2)位移旋钮,根据被测信号的极性和幅度将扫描线移到某一水平坐标线上(图 3-39),在参考电平线之确定之后,Y 位移旋钮不能再动,后面的测量均以此线为标准。将信号从 Y 输入端加入,调节 V/DIV 选择开关和扫描时间选择开关及触发电平控制旋钮,使屏幕上得到稳定且便于读数的波形。这时若 V/DIV 选择开关在 1V/div 位置,则

$$A \text{ 点的瞬时电压} = d_1 \times 1 \text{ V/div} = 5 \text{ div} \times 1 \text{ V/div} = 5 \text{ V}$$

$$B \text{ 点的瞬时电压} = d_2 \times 1 \text{ V/div} = 1 \text{ div} \times 1 \text{ V/div} = 1 \text{ V}$$

由于三角波波形对称,故其平均电平处在三角波中心,因而其直流分量 V 为

$$V = d_3 \times 1 \text{ V/div} = 3 \text{ div} \times 1 \text{ V/div} = 3 \text{ V}$$

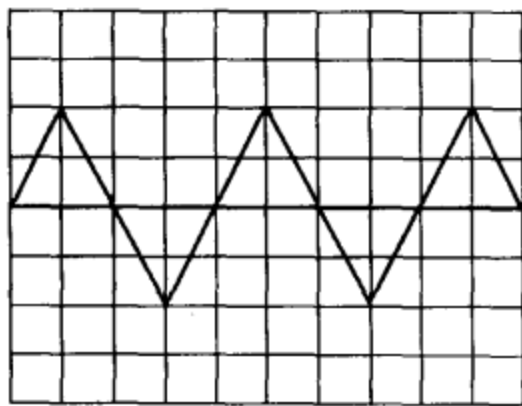


图 3-38 所测波形图

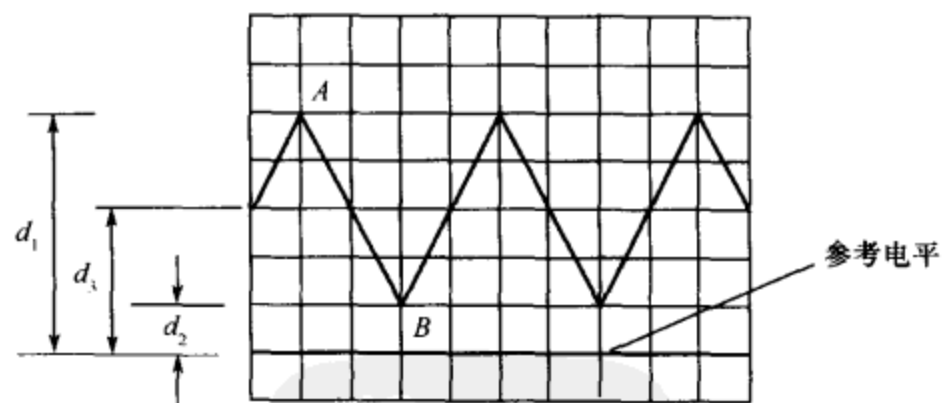


图 3-39 瞬时电压的测量

2. 频率和周期的测量

示波器上显示的波形的周期和频率,用波形在 X 轴上所占的格数来表示。被测信号一个完整的波形所占的格数与扫描时间开关的挡位的乘积,就是该波形的周期 T 。周期的倒数就是频率(f)。用公式表示为

周期(T) = 扫描时间选择开关的挡位 \times 被测信号一个周期在水平方向上所占的格数

频率(f) = $1/T$

例如,图 3-38 中(伏/度选择开关置于 $0.5\text{V}/\text{div}$,扫描时间选择开关置于 $0.5\text{ms}/\text{div}$),由于被测信号在一个周期内占用 4 格,所以被测信号的周期为

$$0.5\text{ms} \times 4 = 2\text{ms}$$

频率为

$$f = 1/T = 1/2\text{ms} = 1/0.002\text{s} = 500\text{Hz} = 0.5\text{kHz}$$

当扩展旋钮(第 29 旋钮)被拉出时,上述计算的周期应除以 10。

3. 相位的测量

用双踪示波器测量两个频率相同的信号的相位关系是很方便的。可按下列步骤进行。

- (1)将“工作方式开关”置于“交替”或“断续”挡(视信号频率的高低而定)。
- (2)将 Y 轴“内触发源选择开关”置于“Y2”位置。
- (3)“触发源选择开关”选用“内”触发挡。
- (4)将被测信号从 Y 通道输入插座 Y1 和 Y2 输入。

设在屏幕上显示出如图 3-40 所示的波形。

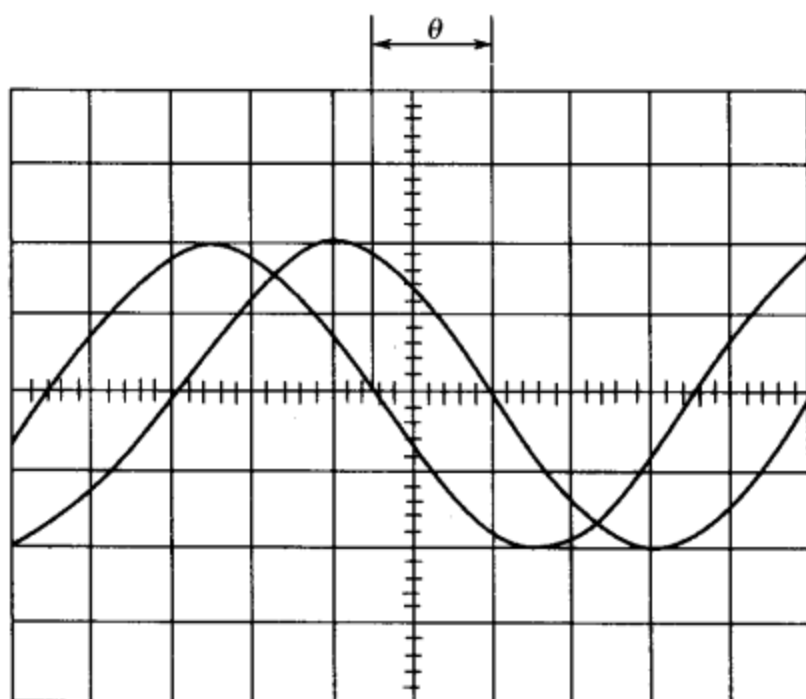


图 3-40 相位的测量

图中所示每一个信号的周期都占 8 格(div)。因为正弦波一个周期对应 360° ,即 8 格对应 360° ,1 格对应着 45° 。从图中可以清楚地看出两个波形的相位差为 1.5 格,即它们的相位差为

$$\theta = 1.5 \times 45^\circ = 67.5^\circ$$

4. 测量电路元件两端的电压波形

例如,测试彩色电视机行偏转线圈两端的电压波形时,可按以下方法进行。

将示波器的探头 1(CH1)接于偏转线圈的另一端(Y1 输入),探头 2(CH2)接于偏转线圈的另一端(Y2 输入),CH1、CH2 探头地接于主板地线。

示波器的 INT MODE(内触发)开关置于 VERT MODE(组合方式),MODE(模式)开关置于 ADD(相加)位置,将示波器的右 POSITION 开关拔出(使 Y2 变为 $-Y2$),此时测得的波形即为偏转线圈两端的波形。

5. 电流波形的测量

测信号电流的波形时,可在被测电路中串一个小电阻(为了在测量时不影响电路的正常工作,所以串的这个电阻值要小),测这个小电阻上电压降的波形就是测得电流的波形。

6. 用李沙育图形法进行测量

示波管内的电子束受 X 偏转板上正弦电压作用时,屏上亮点作水平方向的谐振动;受 Y 偏转板上正弦电压作用时,亮点作垂直方向的谐振动;如果 X 轴、Y 轴同时加上正弦电压时,亮点的运动是两个相互垂直运动的合成。X 方向振动频率 f_x 与 Y 方向振动频率 f_y 相同时,亮度合成运动的轨迹一般是一个椭圆。一般地,如果频率比值 $f_y : f_x$ 为整数比,合成的运动轨迹是一个封闭的图形,称为李沙育图形。

(1)用李沙育图形法测量频率。将已知频率信号(标准信号)加至示波器 X 轴输入端,将被测频率信号加至 Y 轴输入端,调节 X 轴、Y 轴增益,屏幕上将会出现大小适中的李沙育图形。其测量接线简图如图 3-41 所示。

图 3-42 所示的是一部分不同频率比的李沙育图形。不同频率比的李沙育图形还有很多,此法测频率时,可多找一些参考资料,以便进行分析。

(2)用李沙育图形法测量相位差。当输入到示波器的 X 轴和 Y 轴的信号频率相同,而相位不同时,便出现不同的李沙育图形,图 3-43 所示就是这种图形的一部分。其实,图 3-43 所示的李沙育图形中,有的不仅频率不同,而且相位也不同。

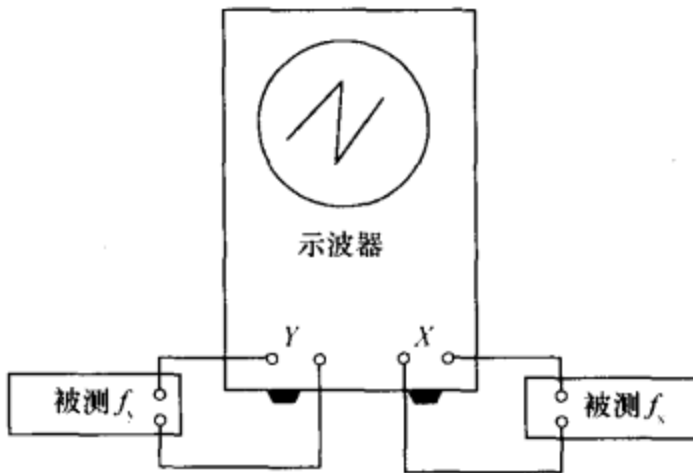


图 3-41 李沙育波形法连接简图

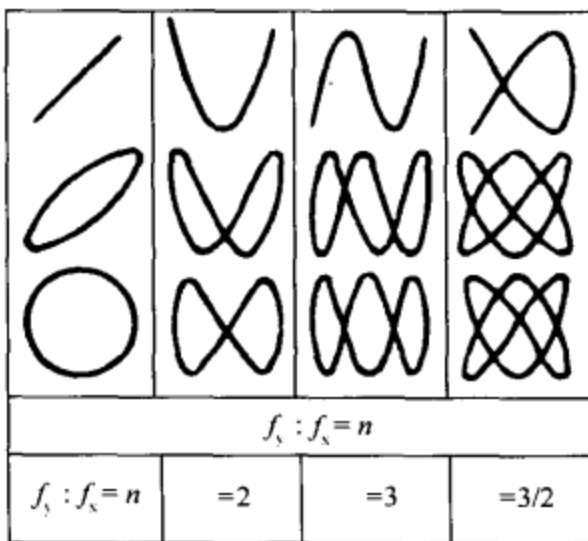


图 3-42 不同频率比的李沙育波形

相位差 ϕ	图形
$\phi = 0^\circ$	
$\phi = 30^\circ$ $\phi = 330^\circ$	
$\phi = 90^\circ$ $\phi = 270^\circ$	
$\phi = 150^\circ$ $\phi = 210^\circ$	
$\phi = 180^\circ$	

图 3-43 用李沙育波形测量相位差

第五节 数字存储示波器简介

一、数字存储示波器概述

人们在使用示波器对信号波形进行测试时,常希望被观测的波形能保存一段时间,需要时再取出来重新加以显示,或与其他波形进行比较。在观测单次瞬变信号、超低频缓变信号和非周期信号时,波形的存储和记忆则显得更为重要。

具有波形存储功能的示波器称为存储示波器,而将信号以数字形式存储于半导体存储器中的示波器,称为数字存储示波器。它借助于数字存储技术,改变了传统模拟示波器的工作方式,主要由取样存储、读出显示和控制系统组成。在进行测量时,首先对实时信号进行取样,经 A/D 转换器转换为数字量,存入到半导体存储器中,然后根据测量需要,再取出存储的内容,经 D/A 转换器转换为模拟量后,把被测波形重现在示波管上。若控制系统由微型计算机组成,称为智能化数字存储示波器。目前大部分数字存储示波器都属此种类型。

智能化数字存储示波器是模拟示波器技术、数字化测量技术、计算机技术的综合产物,其内部采用了大规模集成电路和微处理器,整个仪器在控制程序的统一指挥下工作。它能够长期存储波形,可进行负延时触发,便于观测单次过程和缓变信号,具有多种显示方式和多种输出方式,还可进行数学计算和数据处理,功能扩展也十分方便,因此比普通模拟示波器具有更强大的功能。随着大规模集成电路和微型计算机技术的发展,智能化数字存储示波器发展很快,功能不断扩大,价格逐渐下降,使用越来越多。

二、数字存储示波器的特点

由于数字存储示波器是在微型计算机的统一管理下进行工作的,靠数字的存储和读出显示被测波形,因而与普通模拟示波器相比,具有下面一系列优点。

(1)可长期存储波形。在数字存储示波器中,把需要保存的波形存放在参考波形存储器中,由后备电源供电,因此存储内容可长期保存。还可通过写保护功能,使有关存储器只能读出不能写入,以保护重要内容不被改写。

(2)可进行负延时触发。普通模拟示波器只能观察触发以后的信号,而数字存储示波器的触发点可位于显示波形的任何位置,即具有负延时(预延时)功能。利用负延时可观测触发点以前的信号,这是最有用的特点之一,这一功能适合于观测非周期信号和缓变信号。

(3)便于观测单次过程和突发事件。数字存储示波器只要对波形进行一次取样存储,就可以长期保存和多次显示,并且取样存储和读出显示的速度可在很大的范围内调节,因此便于捕捉和显示单次瞬变信号和突发事件。只要设置好触发源和取样速度,就能在事件发生时将其采集下来并存入存储器,这一特点在很多非电量测量中得到广泛应用。

(4)具有多种显示方式。数字存储示波器的显示方式多样而灵活,这也是与普通模拟示波器不同之处,数字存储示波器有存储显示、抹迹显示、卷动显示、放大显示和 X-Y 显示等,可适应不同情况下波形观测的需要。

(5)便于数据分析和处理。由于微型计算机具有数字处理和计算能力,所以数字存储示波器具有数据分析和处理功能。如对多次取样数据取平均值计算、信号的各种电压值计算、时间间隔计算、两个波形的叠加运算等。

(6)可用数字显示测量结果。由于微型计算机有一套成熟的字符显示功能,所以数字存储示波器可直接在屏幕上用数字形式显示测量结果,读数直观无视差,测量准确度很高。

(7)具有多种方式输出。数字存储示波器存储的数据可在微型计算机管理下通过多种接口,用各种方式输出。

(8)便于进行功能扩展。数字存储示波器与所有的微机化仪器一样,可在不改动硬件的情况下,只改变工作程序即可扩展仪器的测试功能,这是常规模拟示波器所不能实现的。

三、数字存储示波器的组成

数字存储示波器是由取样存储、读出显示和系统控制 3 大部分组成,它们之间通过数据总线、地址总线和控制总线相互联系和交换信息,以完成各种测试功能,基本组成框图如图 3-44 所示。

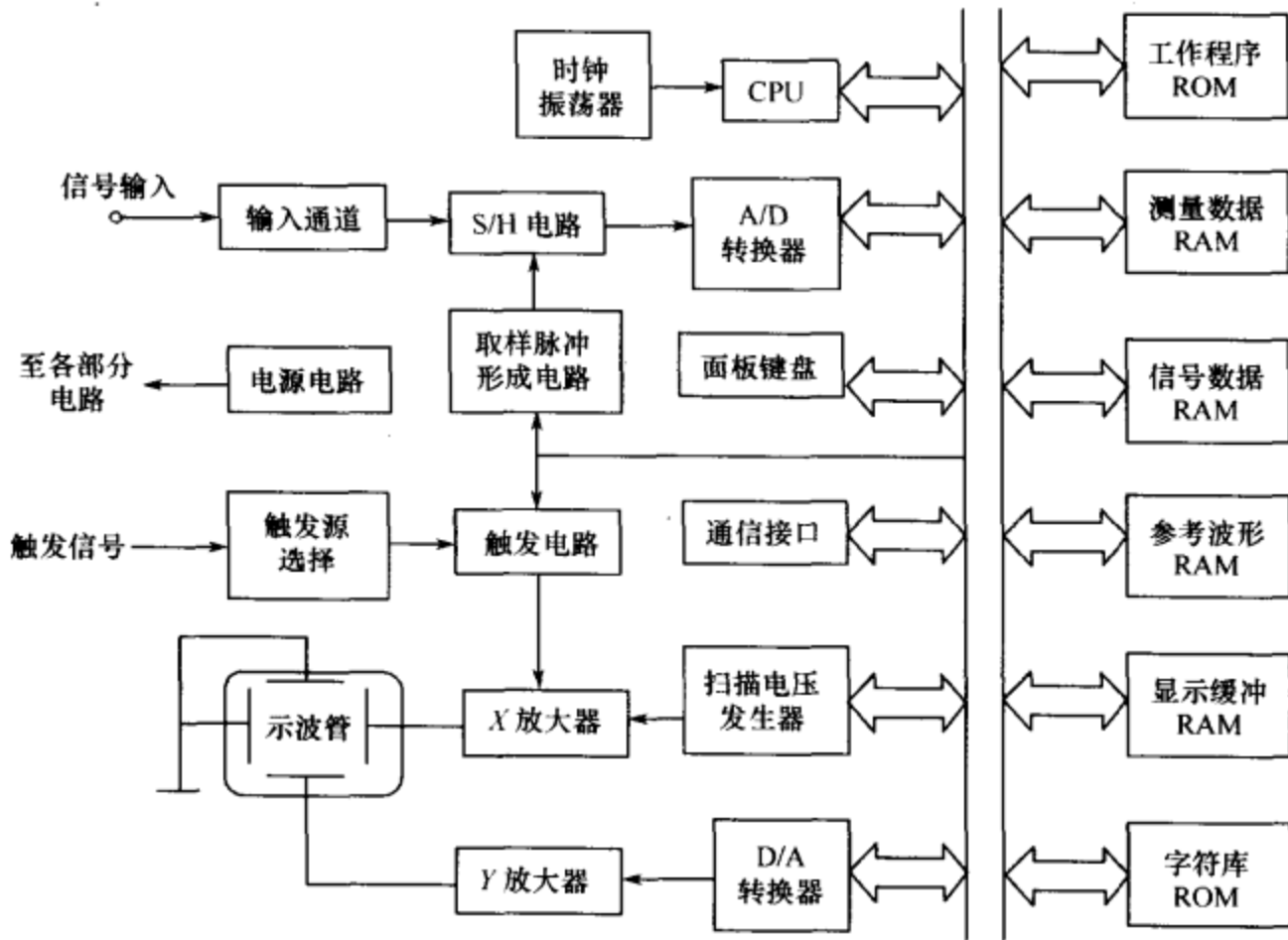


图 3-44 数字存储示波器的基本组成

1. 系统控制部分

系统控制部分由键盘、只读存储器(ROM),CPU 及 I/O 接口等组成。在 ROM 内写有仪器的管理程序,在管理程序的控制下,对键盘进行扫描,产生识别码,接受使用者的操作,以便设定输入灵敏度、扫描速度、读写速度等参数和各种测试功能。

2. 取样存储部分

取样存储部分主要由输入通道、取样保持电路、取样脉冲形成电路、A/D 转换器、信号数据存储器等组成。取样保持电路在取样脉冲的控制下,对被测信号进行取样,经 A/D 转换器变换成数字信号,然后存入信号数据存储器中。取样脉冲的形成受触发信号控制,

同时也受 CPU 控制。取样和存储过程如图 3-45 所示。

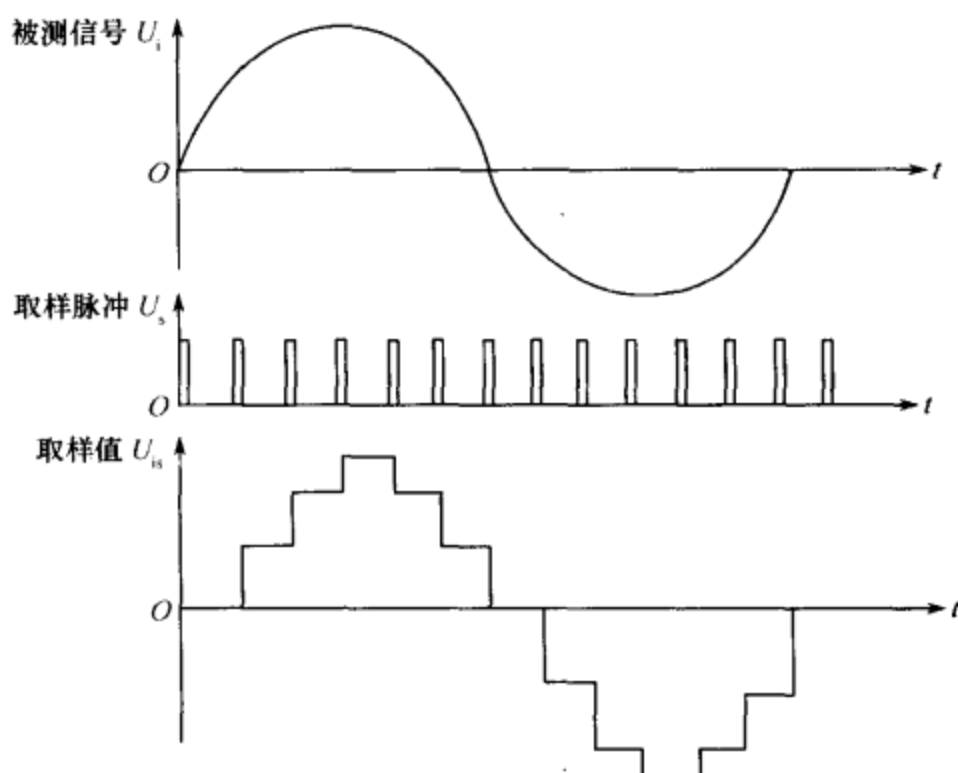


图 3-45 取样和存储过程

3. 读出显示部分

读出显示部分由显示缓冲存储器、D/A 转换器、扫描发生器、X 放大器、Y 放大器和示波管电路等组成。它在接到读命令后,先将存储在显示缓冲存储器中的数字信号送 D/A 转换器,将其重新恢复成模拟信号,经放大后送示波管,同时扫描发生器产生的扫描阶梯波电压把被测信号在水平方向展开,从而将信号波形显示在屏幕上。读出和显示过程如图 3-46 所示。

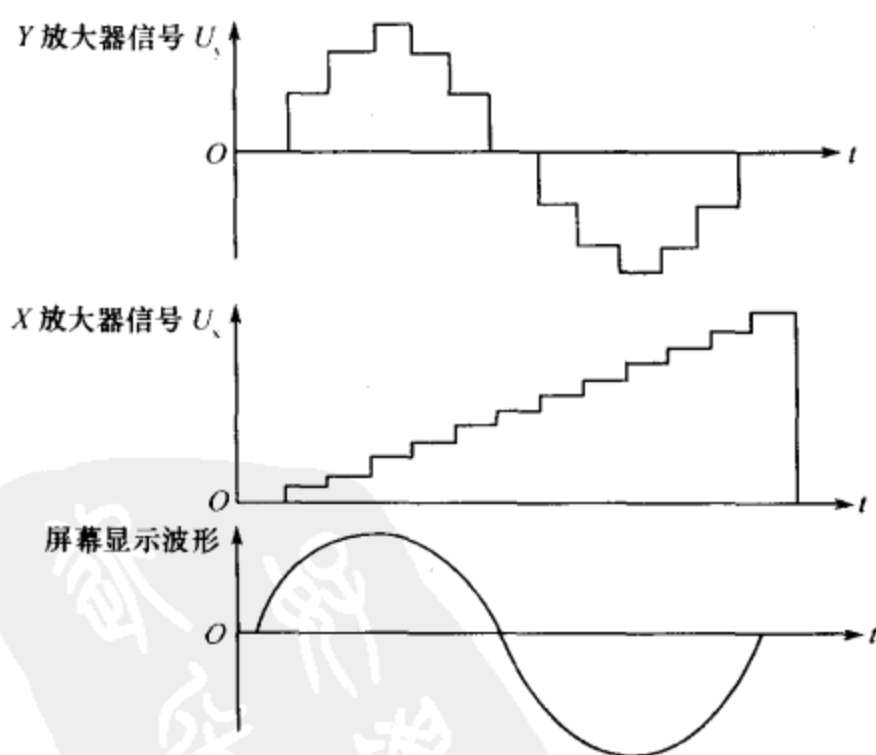


图 3-46 读出和显示过程

在数字存储示波器中,数据的写入和读出速度都是可以任意选择的,可以高速存入低速读出,也可以低速存入高速读出,使用上非常灵活方便。

四、数字存储示波器的显示方式

数字存储示波器利用内部微型计算机的控制功能和不同的存储方法,可实现多种灵活的波形显示方式,以适应不同波形的观测需要。而且在示波管显示波形的同时,还可显示相应的工作状态信息和测量数据。数字存储示波器通常有以下几种显示方式。

1. 存储显示方式

存储显示方式是数字存储示波器的基本显示方式,它适合于一般信号的观测。在一次触发形成并完成信号数据的存储之后,经过显示前的缓冲存储,并控制缓冲存储器的地址顺序,依次将欲显示的数据读出,进行 D/A 转换后,将其稳定地显示在示波管上。这样显示的波形是由一次触发捕捉到的信号片段,在这种方式下满足一次触发条件,屏幕上原来的波形就被新存储的波形更新一次。

2. 抹迹显示方式

抹迹显示方式适合于观测一长串波形中在一定条件下才会发生的瞬态信号。在该方式下,应先按照预期的瞬态信号设置触发电平和极性。观测开始后仪器工作在末端触发和预置触发相结合的方式下,当信号数据存储器被装满但瞬态信号未出现时,实现末端触发,在屏幕上显示一个画面,保持一段时间后,被新存入的数据更新,若瞬态信号仍未出现,再利用末端触发显示一个画面。这样一个一个画面地显示下去,像为了查找某个内容一页一页地翻书一样。一旦预期的瞬态信号出现,则立即实现预置触发,将捕捉到的瞬态信号波形稳定地显示在示波管上,并存入参考波形存储器中。

3. 卷动显示方式

卷动显示方式特别适合观测缓变信号中随机出现的突发信号,它又包括两种形式:一种是用新的波形逐渐代替旧的波形,变化点自左向右移动;另一种是波形从屏幕的右端推出向左移动,在左端消失。当异常波形出现时,可按下存储键,将此波形保存在屏幕上或存入参考波形存储器,以便作更细致的观测和分析。

当设定为该方式时,信号存储器在装满之后,将不停地移动所有数据,推出旧数据,存入新数据,并不断地把新数据移入显示缓冲存储器,加以适当的延迟后读出显示。

4. 放大显示方式

放大显示方式适合于观测信号波形的细节,此显示方式是利用延迟扫描方法实现的,此时屏幕一分为二,上半部显示原波形,下半部显示放大的部分,其放大位置可用光标控制,放大比例也可以调节,还可以用光标测量细节部分的参数。

5. X-Y 显示方式

X-Y 显示方式和通用示波器的显示方法基本相同,可用于显示李沙育图形,在此不作详细叙述。

五、数字存储示波器使用必须注意的问题

数字示波器因具有波形触发、存储、显示、测量、波形数据分析处理等特点,其使用日益普及。由于数字示波器与模拟示波器之间存在较大的性能差异,如果使用不当,会产生较大的测量误差,从而影响测试任务。

1. 区分模拟带宽和数字实时带宽

带宽是示波器最重要的指标之一。模拟示波器的带宽是一个固定的值,而数字示波器的带宽有模拟带宽和数字实时带宽两种。数字示波器对重复信号采用顺序采样或随机采样技术所能达到的最高带宽为示波器的数字实时带宽,数字实时带宽与最高数字化频率和波形重建技术因子 K 相关(数字实时带宽=最高数字化速率/ K),一般并不作为一项指标直接给出。从两种带宽的定义可以看出,模拟带宽只适合重复周期信号的测量,而数字实时带宽则同时适合重复信号和单次信号的测量。厂家声称的示波器的带宽能达到多少兆,实际上指的是模拟带宽,数字实时带宽是要低于这个值的。例如,TEK 公司的 TES520B 的带宽为 500MHz,实际上是指其模拟带宽为 500MHz,而最高数字实时带宽只能达到 400MHz,远低于模拟带宽。所以在测量单次信号时,一定要参考数字示波器的数字实时带宽,否则会给测量带来意想不到的误差。

2. 有关采样速率

采样速率也称为数字化速率,是指单位时间内,对模拟输入信号的采样次数,常以 MSa/s 表示。例如,采样速率为 40MSa/s,表示每秒采样数量为 40M 个。采样速率是数字示波器的一项重要指标。

1) 如果采样速率不够,容易出现混叠现象

如果示波器的输入信号为一个 100kHz 的正弦信号,示波器显示的信号频率却是 50kHz,这是怎么回事呢?这是因为示波器的采样速率太慢,产生了混叠现象。混叠就是屏幕上显示的波形频率低于信号的实际频率,或者即使示波器上的触发指示灯已经亮了,而显示的波形仍不稳定。那么,对于一个未知频率的波形,如何判断所显示的波形是否已经产生混叠呢?可以通过慢慢改变扫速 t/div 到较快的时基挡,看波形的频率参数是否急剧改变,如果是,说明波形混叠已经发生;或者晃动的波形在某个较快的时基挡稳定下来,也说明波形混叠已经发生。根据奈奎斯特定理,采样速率至少是信号高频成分的 3 倍才不会发生混叠,如一个 500MHz 的信号,至少需要 1GSa/s 的采样速率。有如下几种方法可以简单地防止混叠发生。

(1) 调整扫速。

(2) 采用自动设置(Autoset)。

(3) 试着将收集方式切换到包络方式或峰值检测方式,因为包络方式是在多个收集记录中寻找极值,而峰值检测方式则是在单个收集记录中寻找最大最小值,这两种方法都能检测到较快的信号变化。

(4) 如果示波器有 InstaVu 采集方式,可以选用。因为这种方式采集波形速度快,用这种方法显示的波形类似于用模拟示波器显示的波形。

2) 采样速率与 t/div 的关系

每台数字示波器的最大采样速率是一个定值。但是,在任意一个扫描时间 t/div ,采样速率 f_s 由下式给出,即 $f_s = N/(t/\text{div})$, N 为每格采样点。当采样点数 N 为一定值时, f_s 与 t/div 成反比,扫速越大,采样速率越低。

综上所述,使用数字示波器时,为了避免混叠,扫速挡最好置于扫速较快的位置。如果想要捕捉到瞬息即逝的毛刺,扫速挡则最好置于主扫速较慢的位置。

重点提示 随着计算机的普及,在测量领域掀起了一个虚拟仪器的旋风,在美国 NI

公司提出“软件就是仪器”的口号后,各种虚拟仪器应运而生,加之虚拟仪器价格便宜,功能全面,因此,虚拟仪器很快得到了广大电子爱好者的认可。例如,目前常见的一种基于PC机并口的虚拟仪器——FlashDSO II,FlashDSO II工作在Windows操作系统下,包含数字存储示波器、数字频谱分析仪等,具有丰富的信号分析方法和友好的交互界面,它含有7个频段,1-2-5进制,跨越视频、音频信号范围,配备了强大的数字信号处理(DSP)软件,可用来测量各种类型电信号,如视频信号、音频信号、计算机数字信号、单片机时序等,可以应用于家电维修及各种工业测量场合。



第四章 扫频仪、频谱分析仪和频率计

我们知道,用示波器可观察电信号的幅度随时间的变化规律,然而,有时需要了解电信号的频率成分及其变化规律,此时,示波器则无能为力,需要专门的仪器进行测量。本章主要介绍扫频仪、频谱分析仪和频率计这 3 种最为常见的频率测量和分析仪器。

第一节 扫频仪

扫频仪是频率特性测试仪的简称,是专门用来测量无线电设备中某些电路的频率特性的专用仪器,不仅可以测定电视机的公共通道、伴音通道、视频通道,雷达接收机的中频放大器、高频放大器,还能测定宽带放大器以及滤波器等无源和有源四端网络等。

一、扫频仪的主要组成

扫频仪是由扫频信号发生器和示波器组合而成的。扫频信号发生器是扫频仪的核心部分,它产生按一定规律变化的扫频信号。扫频仪的主要组成部分包括扫频信号发生器、频标信号发生器、扫描信号发生器、示波器、电源电路及配有检波器的同轴电缆等。图4-1是 BT-3C 型扫频仪的主要组成部分方框图。图中的 $7 \times 10\text{dB}$ 表示每挡衰减 10dB ,共有 7 个挡。

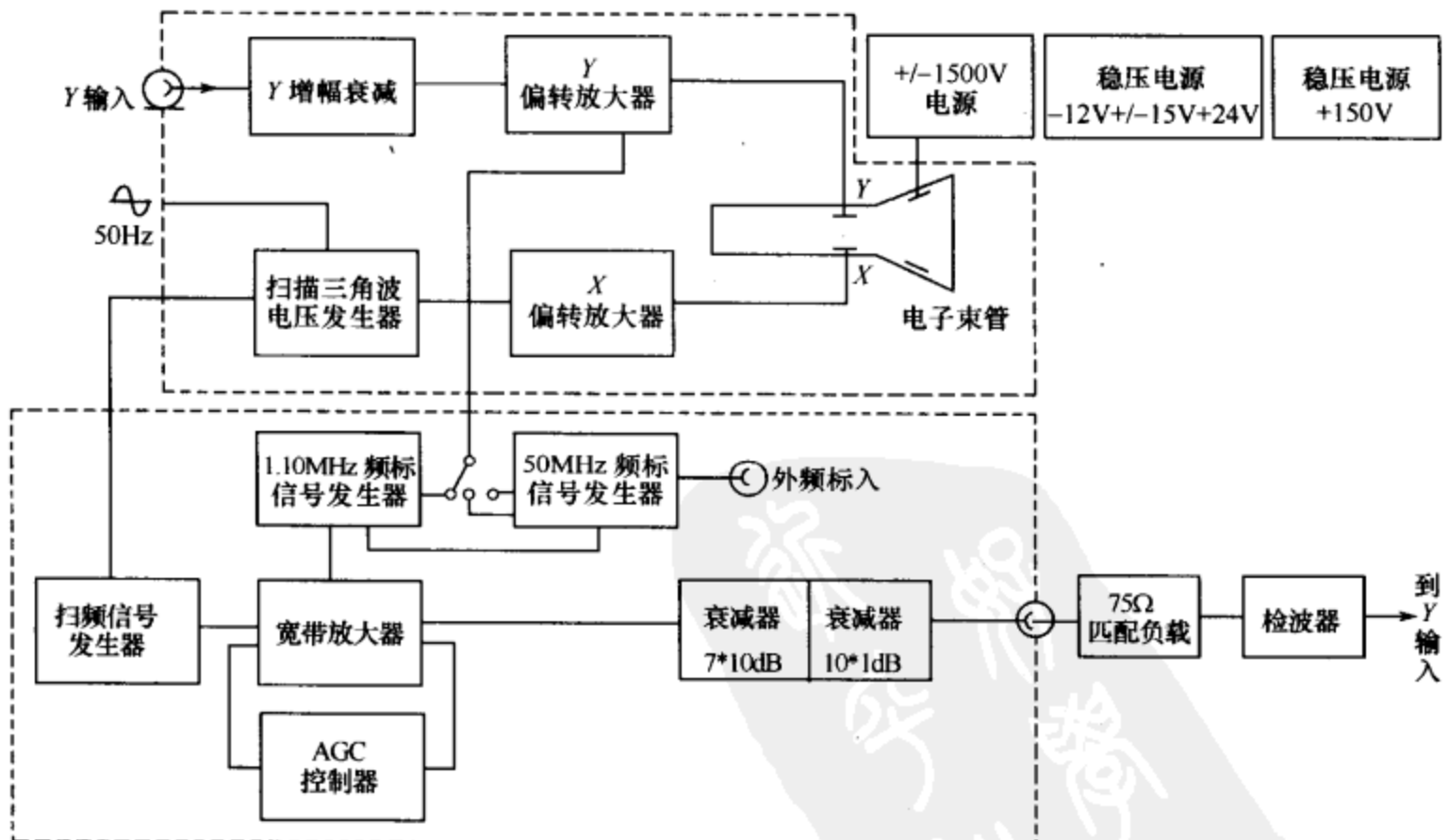


图 4-1 BT-3C 型扫频仪的组成框图

二、扫频仪的基本原理

1. 扫频信号的作用

扫频信号不同于音频信号和视频信号,也不同于一般的正弦波信号和脉冲信号,它是一种专门用来检测电路的频率特性,并在其频率范围内按一定规律不断变化其输出频率的信号。在扫频仪内部有一个产生扫频信号的发生器,把它产生的扫频信号输入到某放大器、鉴频器或吸收回路等电路中去的目的,就是为了检查这些电路的频率特性的。电路的频率特性的好坏是非常重要的,像收录机、电视机电路频率特性的好坏直接影响到声音、图像的质量,电路的这种“软故障”很难用万用表检测出来,用扫频信号来检测这类“软故障”非常有效,通过屏幕显示出电路的频率特性曲线,可方便地对电路进行调整和检测。

2. 扫频信号的频率范围

扫频信号的频率范围必须与被测电路的工作频率一致。例如,电视机中放电路放大的是从高频头送来的中频信号,其频率范围为 $29\text{MHz}\sim 39\text{MHz}$,这就是中放电路的工作频率。因此,用扫频仪检测该电路的频率特性时,输入到该电路的扫频信号的频率范围也必须为 $29\text{MHz}\sim 39\text{MHz}$,否则就显示不出曲线来。再如,在卫星电视接收机中,经变频后产生的第二中频频率约为 130MHz (中心频率)。因此,若用扫频仪检测其第二中频放大器的频率特性,就要向该放大器中输入中心频率为 130MHz 的扫频信号。扫频仪的频率范围越宽,表明它适用的范围越广、性能越好。例如,BT-3C 型扫频仪的频率范围(扫频信号)为 $1\text{MHz}\sim 300\text{MHz}$ 。

BT-3C 扫频仪可以用它来检测电视机高频头的 1 频道~12 频道中每一个频道的频率特性,因为 1 频道~12 频道的频率范围为 $48\text{MHz}\sim 223\text{MHz}$;但 BT-3C 型扫频仪就不能测 12 频道以后的频道的频率特性了,因为第 13 频道的频率范围就高达 $470\text{MHz}\sim 478\text{MHz}$,超过了 BT-3C 型扫频仪扫频信号的最高频率 (300MHz)。

3. 频率特性曲线的显示

因为扫频仪可以看做是扫频信号发生器和示波器组合而成的,所以其显示部分基本上与示波器相同,显示电路的频率特性曲线不像用示波器显示信号的波形那么简单,被测电路的频率特性曲线在扫频仪的屏幕上显示出来的大体过程如下。

(1)在 X 轴上加扫描电压,经调整后可出现一条水平亮线,这是扫描基线(时基线),如图 4-2(a)所示的 m 线。

(2)将从扫频仪输出的扫频信号通过电缆线送到扫频仪的 Y 轴输入端,在屏幕上又显示出一条与扫描基线平行的线,这条线叫扫频线,如图 4-2(b)所示的 n 线。

(3)屏幕上显示出扫频线是为显示被测电路的频率特性曲线打基础的。要显示电路的曲线就得先显示出与它对应的扫频线。例如,要显示某电视机中放电路的频率特性曲线,就要先将频率范围为 $29\text{MHz}\sim 39\text{MHz}$ 的扫频信号调出来,而调这个频率范围的扫频信号必须借助于“扫频线”才能调出来;在调好了与频率范围为 $29\text{MHz}\sim 39\text{MHz}$ 的扫频信号对应的扫频线的基础上,再将这个扫频信号输送到电视机中放电路的输入端,在中放电路的输出端用带检波二极管的电缆线接到扫频仪的“Y 轴输入”端,经调整后在屏幕上就会出现中放电路的频率特性曲线,如图 4-2(c)所示。

由此可以看出,扫频仪之所以能够显示出被测电路的频率特性曲线,是扫频信号与示

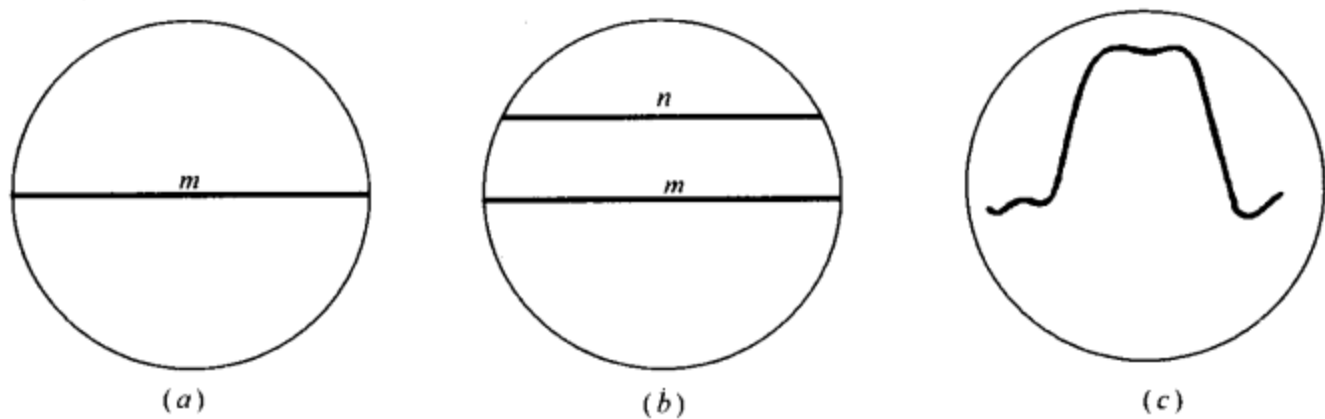


图 4-2 屏幕上显示的内容

波器共同作用的结果,这也就是扫频仪的基本工作原理。

4. 频标的作用

扫频仪内部有个“频标信号发生器”产生频标信号。频标就是落在扫频线或曲线上的某点所对应的频率标记。频标有菱形的和针形的,常用的是菱形的。图 4-3 所示是落在扫频线上的菱形频标。频标的幅度可以调大或调小,也可以调到完全消失。频标的作用主要有以下 3 点。



图 4-3 扫频仪上的菱形频标

(1)用频标来选择扫频信号的频率范围。例如,要观察电视机中放电路的频率特性曲线,就要选出频率范围为 29MHz~39MHz 的扫频信号,选择频率范围时,先找到“零频标”(符号的形状特殊),再以零频标为准,将频率为 29MHz~39MHz 的扫频信号所对应的扫频线调出来,如图 4-4(a)所示。

(2)用频标来对曲线进行分析,只有借助频标才能分析电路的频率特性曲线是否符合设计要求。例如,电视机中放电路的频率特性曲线上,与频率为 38MHz 对应的那个点所对应的增益(Y 轴)是多少?是不是最高增益的 50%?如果没有频标,就不知道曲线上哪个点对应的频率为 38MHz,就无法进行具体分析,如图 4-4(b)所示。

(3)频标对调试电路起指示作用。如果通过对曲线的分析发现曲线不符合设计要求,就说明电路没有调好,这时就可以借助频标在曲线上的位置的指示,对电路进行调整,直至将曲线调到符合设计要求的形状,就表明电路调好了。若没有频标在曲线上的指示,就无法对曲线进行正确的调整。

三、BT-3C 扫频仪的使用

1. 功能操作说明

BT-3C 扫频仪前面板图如图 4-5 所示。

下面按图中所标序号一一加以说明。

(1)辉度调节带电源开关。按顺时针方向转动,即可打开电源开关,接通仪器电源,同时转动旋钮,还可调节光点辉度。