

示波器

示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器。它能把肉眼看不见的电信号变换成看得见的图象，便于人们研究各种电现象的变化过程。示波器利用狭窄的、由高速电子组成的电子束，打在涂有荧光物质的屏面上，就可产生细小的光点。在被测信号的作用下，电子束就好像一支笔的笔尖，可以在屏面上描绘出被测信号的瞬时值的变化曲线。利用示波器能观察各种不同信号幅度随时间变化的波形曲线，还可以用它测试各种不同的电量，如电压、电流、频率、相位差、调幅度等等。

组成

显示电路

显示电路包括示波管及其控制电路两个部分。示波管是一种特殊的电子管，是示波器一个重要组成部分。示波管由电子枪、偏转系统和荧光屏 3 个部分组成。

(1) 电子枪

电子枪用于产生并形成高速、聚束的电子流，去轰击荧光屏使之发光。它主要由灯丝 F、阴极 K、控制极 G、第一阳极 A1、第二阳极 A2 组成。除灯丝外，其余电极的结构都为金属圆筒，且它们的轴心都保持同一轴线上。阴极被加热后，可沿轴向发射电子；控制极相对阴极来说是负电位，改变电位可以改变通过控制极小孔的电子数目，也就是控制荧光屏上光点的亮度。为了提高屏上光点亮度，又不降低对电子束偏转的灵敏度，现代示波管中，在偏转系统和荧光屏之间还加上一个后加速电极 A3。

第一阳极对阴极而言加有约几百伏的正电压。在第二阳极上加有一个比第一阳极更高的正电压。穿过控制极小孔的电子束，在第一阳极和第二阳极高电位的作用下，得到加速，向荧光屏方向作高速运动。由于电荷的同性相斥，电子束会逐渐散开。通过第一阳极、第二阳极之间电场的聚焦作用，使电子重新聚集起来并交汇于一点。适当控制第一阳极和第二阳极之间电位差的大小，便能使焦点刚好落在荧光屏上，显现一个光亮细小的圆点。改变第一阳极和第二阳极之间的电位差，可起调节光点聚焦的作用，这就是示波器的“聚焦”和“辅助聚焦”调节的原理。第三阳极是示波管锥体内部涂上一层石墨形成的，通常加有很高的电压，它有三个作用：①使穿过偏转系统以后的电子进一步加速，使电子有足够的能量去轰击荧光屏，以获得足够的亮度；②石墨层涂在整个锥体上，能起到屏蔽作用；③电子束轰击荧光屏会产生二次电子，处于高电位的 A3 可吸收这些电子。

(2) 偏转系统

示波管的偏转系统大都是静电偏转式，它由两对相互垂直的平行金属板组成，分别称为水平偏转板和垂直偏转板。分别控制电子束在水平方向和垂直方向的运动。当电子在偏转板之间运动时，如果偏转板上没有加电压，偏转板之间无电场，离开第二阳极后进入偏转系统的电子将沿轴向运动，射向屏幕的中心。如果偏转板上有电压，偏转板之间则有电场，进入偏转系统的电子会在偏转电场的作用下射向荧光屏的指定位置。

如果两块偏转板互相平行，并且它们的电位差等于零，那么通过偏转板空间的，具有速度 v 的电子束就会沿着原方向（设为轴线方向）运动，并打在荧光屏的坐标原点上。如果两块偏转板之间存在着恒定的电位差，则偏转板间就形成一个电场，这个电场与电子的运动方向相垂直，于是电子就朝着电位比较高的偏转板偏转。这样，在两偏转板之间的空间，电子就沿着抛物线在这一点上做切线运动。最后，电子降落在荧光屏上的 A 点，这个 A 点距离荧光屏原点 (O) 有一段距离，这段距离称为偏转量，用 y 表示。偏转量 y 与偏转板上所加的电压 V_y 成正比。同理，在水平偏转板上加有直流电压时，也发生类似情况，只是光点

在水平方向上偏转。

(3) 荧光屏

荧光屏位于示波管的终端，它的作用是将偏转后的电子束显示出来，以便观察。在示波器的荧光屏内壁涂有一层发光物质，因而，荧光屏上受到高速电子冲击的地点就显现出荧光。此时光点的亮度决定于电子束的数目、密度及其速度。改变控制极的电压时，电子束中电子的数目将随之改变，光点亮度也就改变。在使用示波器时，不宜让很亮的光点固定出现在示波管荧光屏一个位置上，否则该点荧光物质将因长期受电子冲击而烧坏，从而失去发光能力。涂有不同荧光物质的荧光屏，在受电子冲击时将显示出不同的颜色和不同的余辉时间，通常供观察一般信号波形用的是发绿光的，属中余辉示波管，供观察非周期性及低频信号用的是发橙黄色光的，属长余辉示波管；供照相用的示波器中，一般都采用发蓝色的短余辉示波管。

学生示波器

由于示波管的偏转灵敏度甚低，例如常用的示波管 13SJ38J 型，其垂直偏转灵敏度为 0.86mm/V （约 12V 电压产生 1cm 的偏转量），所以一般的被测信号电压都要先经过垂直放大电路的放大，再加入到示波管的垂直偏转板上，以得到垂直方向的适当大小的图形。

水平（X 轴）放大电路

由于示波管水平方向的偏转灵敏度也很低，所以接入示波管水平偏转板的电压（锯齿波电压或其它电压）也要先经过水平放大电路的放大以后，再加入到示波管的水平偏转板上，以得到水平方向适当大小的图形。

扫描与同步电路

扫描电路产生一个锯齿波电压。该锯齿波电压的频率能在一定的范围内连续可调。锯齿波电压的作用是使示波管阴极发出的电子束在荧光屏上形成周期性的、与时间成正比的水平位移，即形成时间基线。这样，才能把加在垂直方向的被测信号按时间的变化波形展现在荧光屏上。

电源供给电路

电源供给电路供给垂直与水平放大电路、扫描与同步电路以及示波管与控制电路所需的负高压、灯丝电压等。

由示波器的原理功能方框图可见，被测信号电压加到示波器的 Y 轴输入端，经垂直放大电路加于示波管的垂直偏转板。示波管的水平偏转电压，虽然多数情况都采用锯齿电压（用于观察波形时），但有时也采用其它的外加电压（用于测量频率、相位差等时），因此在水平放大电路输入端有一个水平信号选择开关，以便按照需要选用示波器内部的锯齿波电压，或选用外加在 X 轴输入端上的其它电压来作为水平偏转电压。

此外，为了使荧光屏上显示的图形保持稳定，要求锯齿波电压信号的频率和被测信号的频率保持同步。这样，不仅要求锯齿波电压的频率能连续调节，而且在产生锯齿波的电路还要输入一个同步信号。这样，对于只能产生连续扫描（即产生周而复始、连续不断的锯齿波）一种状态的简易示波器（如国产 SB10 型等示波器）而言，需要在其扫描电路上输入一个与被观察信号频率相关的同步信号，以牵制锯齿波的振荡频率。对于具有等待扫描功能（即平时不产生锯齿波，当被测信号来到时才产生一个锯齿波，进行一次扫描）功能的示波器（如国产 ST-16 型示波器、SR-8 型双踪示波器等而言，需要在其扫描电路上输入一个与被测信号相关的触发信号，使扫描过程与被测信号密切配合。为了适应各种需要，同步（或触发）信号可通过同步或触发信号选择开关来选择，通常来源有 3 个：①从垂直放大电路引来被测信号作为同步（或触发）信号，此信号称为“内同步”（或“内触发”）信号；②引入某种相关的外加信号为同步（或触发）信号，此信号称为“外同步”（或“外触发”）信号，该信号加在外同步（或外触发）输入端；③有些示波器的同步信号选择开关还有一档“电源同步”，是由 220V ， 50Hz 电源电压，通过变压器次级降压后作为同步信号。

示波器分类

示波器可以分为模拟示波器和数字示波器,对于大多数的电子应用,无论模拟示波器和数字示波器都是可以胜任的,只是对于一些特定的应用,由于模拟示波器和数字示波器所具备的不同特性,才会出现适合和不适合的地方。

模拟示波器

模拟示波器的工作方式是直接测量信号电压,并且通过从左到右穿过示波器屏幕的电子束在垂直方向描绘电压。

数字示波器

数字示波器的工作方式是通过模拟转换器(ADC)把被测电压转换为数字信息。数字示波器捕获的是波形的一系列样值,并对样值进行存储,存储限度是判断累计的样值是否能描绘出波形为止,随后,数字示波器重构波形。数字示波器可以分为数字存储示波器(DSO),数字荧光示波器(DPO)和采样示波器。[1]

示波器参数特征分类

通道数分类

通常无论是模拟示波器还是数字示波器,可以根据其通道数分为:单通道/单踪示波器;双通道/双踪示波器。

带宽分类

带宽是根据示波器测试要求来定,5M/10M/20M/40M/60M/100M/1G.....等分类选型。

基本原理

波形显示的基本原理

由示波管的原理可知,一个直流电压加到一对偏转板上时,将使光点在荧光屏上产生一个固定位移,该位移的大小与所加直流电压成正比。如果分别将两个直流电压同时加到垂直和水平两对偏转板上,则荧光屏上的光点位置就由两个方向的位移所共同决定。

如果将一个正弦交流电压加到一对偏转板上时,光点在荧光屏上将随电压的变化而移动。参见图 5-4 可知,当垂直偏转板上加一个正弦交流电压时,在时间 $t=0$ 的瞬间,电压为 V_0 (零值),荧光屏上的光点位置在坐标原点 O 上,在时间 $t=1$ 的瞬间,电压为 V_1 (正值),荧光屏上光点在坐标原点 O 点上方的 1 上,位移的大小正比于电压 V_1 ;在时间 $t=2$ 的瞬间,电压为 V_2 (最大正值),荧光屏上的光点在坐标原点 O 点上方的 2 点上,位移的距离正比于电压 V_2 ;以此类推,在时间 $t=3, t=4, \dots, t=8$ 的各个瞬间,荧光屏上光点位置分别为 3, 4, \dots , 8 点。在交流电压的第二个周期、第三个周期.....都将重复第一个周期的情况。如果此时加在垂直偏转板上的正弦交流电压之频率很低,仅为 $1\text{Hz} \sim 2\text{Hz}$,那么,在荧光屏上便会看见一个上下移动着的光点。这光点距离坐标原点的瞬时偏转值将与加在垂直偏转板上的电压瞬时值成正比。如果加在垂直偏转板上的交流电压频率在 $10\text{Hz} \sim 20\text{Hz}$ 以上,则由于荧光屏的余辉现象和人眼的视觉暂留现象,在荧光屏上看到的就不是一个上下移动的点,而是一根垂直的亮线了。该亮线的长短在示波器的垂直放大增益一定的情况下决定于正弦交流电压峰-峰值的大小。如果在水平偏转板上加一个正弦交流电压,则会产生相类似的情况,只是光点在水平轴上移动罢了。

如果将一随时间线性变化的电压(如锯齿波电压)加到一对偏转板上,则光点在荧光屏上又会怎样移动呢?参看图 5-5 可见,当水平偏转板上有锯齿波电压时,在时间 $t=0$ 瞬间,电压为 V_0 (最大负值),荧光屏上光点在坐标原点左侧的起始位置(零点上),位移的距离正比于电压 V_0 ;在时间 $t=1$ 的瞬间,电压为 V_1 (负值),荧光屏上光点在坐标原点的左方的 1 点上,位移的距离正比于电压 V_1 ;以此类推,在时间 $t=2, t=3, \dots, t=8$ 的各个瞬间,荧光屏上光点的对应位置是 2, 3, \dots , 8 各点。在 $t=8$ 这个瞬间,锯齿波电压由最大正值 V_8 跃变到最大负值 V_0 ,则荧光屏上光点从 8 点极其迅速地移向左到起始位置零点。如果锯齿波

电压是周期性的,则在锯齿波电压的第二个周期、第三个周期、……都将重复第一个周期的情形。如果此时加在水平偏转板上的锯齿波电压频率很低,仅为 $1\text{Hz} \sim 2\text{Hz}$,在荧光屏上便会看见光点自左边起始位置零点向右边 8 点处匀速地移动,随后光点又从右边 8 点处极其迅速地移动到左边起始位置零点。上述这个过程称为扫描。在水平轴加有周期性锯齿波电压时,扫描将周而复始地进行下去。光点距离起始位置零点的瞬时值,将与加在偏转板上的电压瞬时值成正比。如果加在偏转板上的锯齿波电压频率在 $10\text{Hz} \sim 20\text{Hz}$ 以上,则由于荧光屏的余辉现象和人眼的视觉暂留现象,就看到一根水平亮线,该水平亮线的长度,在示波器水平放大增益一定的情况下决定于锯齿波电压值,锯齿波电压值是与时间变化成正比的,而荧光屏上光点的位移又是与电压值成正比的,因此荧光屏上的水平亮线可以代表时间轴。在此亮线上的任何相等的线段都代表相等的一段时间。

如果将被测信号电压加到垂直偏转板上,锯齿波扫描电压加到水平偏转板上,而且被测信号电压的频率等于锯齿波扫描电压的频率,则荧光屏上将显示出一个周期的被测信号电压随时间变化的波形曲线。由图 5-6 所示可见,在时间 $t=0$ 的瞬间,信号电压为 V_0 (零值),锯齿波电压为 V_0' (负值),荧光屏上光点在坐标原点左面,位移的距离正比于电压 V_0' ;在时间 $t=1$ 的瞬间,交流电压为 V_1 (正值),锯齿波电压为 V_1' (负值),荧光屏上光点在坐标的第 II 象限中。同理,在时间 $t=2, t=3, \dots, t=8$ 的瞬间,荧光屏上光点分别位于 2, 3, ..., 8 点。在 $t=8$ 瞬间,锯齿波电压由最大正值 V_8' 跳变到最大负 V_0' ,因而荧光屏上的光点也从 8 点极其迅速地向左移到起始位置 0 点。以后,在被测周期信号的第二个周期、第三个周期……都重复第一个周期的情形,光点在荧光屏上描出的轨迹也都重叠在第一次描出的轨迹上。所以,荧光屏上显示出来的被测信号电压是随时间变化的稳定波形曲线。

由上述可见,为使荧光屏上的图形稳定,被测信号电压的频率应与锯齿波电压的频率保持整数比的关系,即同步关系。为了实现这一点,就要求锯齿波电压的频率连续可调,以便适应观察各种不同频率的周期信号。其次,由于被测信号频率和锯齿波振荡信号频率的相对不稳定性,即使把锯齿波电压的频率临时调到与被测信号频率成整倍数关系,也不能使图形一直保持稳定。因此,示波器中都设有同步装置。也就是在锯齿波电路的某部分加上一个同步信号来促使扫描的同步,对于只能产生连续扫描(即产生周而复始连续不断的锯齿波)一种状态的简易示波器(如国产 SB-10 型示波器等)而言,需要在其扫描电路上输入一个与被观察信号频率相关的同步信号,当所加同步信号的频率接近锯齿波频率的自主振荡频率(或接近其整数倍)时,就可以把锯齿波频率“拖入同步”或“锁住”。对于具有等待扫描(即平时不产生锯齿波,当被测信号来到时才产生一个锯齿波进行一次扫描)功能的示波器(如国产 ST-16 型示波器、SBT-5 型同步示波器、SR-8 型双踪示波器等)而言,需要在其扫描电路上输入一个与被测信号相关的触发信号,使扫描过程与被测信号密切配合。这样,只要按照需要来选择适当的同步信号或触发信号,便可使任何欲研究的过程与锯齿波扫描频率保持同步。

双线示波的显示原理

在电子实践技术过程中,常常需要同时观察两种(或两种以上)信号随时间变化的过程。并对这些不同信号进行电参量的测试和比较。为了达到这个目的,人们的应用普通示波器原理的基础上,采用了以下两种同时显示多个波形的办法:一种是双线(或多线)示波法;另一种是双踪(或多踪)示波法。应用这两种方法制造出来的示波器分别称为双线(或多线)示波器和双踪(或多踪)示波器。

双线(或多线)示波器是采用双枪(或多枪)示波管来实现的。下面以双枪示波管为例加以简单说明。双枪示波管有两个互相独立的电子枪产生两束电子。另有两组互相独立的偏转系统,它们各自控制一束电子作上下、左右的运动。荧光屏是共用的,因而屏上可以同时显示出两种不同的电信号波形,双线示波也可以采用单枪双线示波管来实现。这种示波管

只有一个电子枪，在工作时是依靠特殊的电极把电子分成两束。然后，由管内的两组互相独立的偏转系统，分别控制两束电子上下、左右运动。荧光屏是共用的，能同时显示出两种不同的电信号波形。由于双线示波管的制造工艺要求高，成本也高，所以应用并不十分普遍。双踪示波的显示原理

双踪（或多踪）示波是在单线示波器的基础上，增设一个专用电子开关，用它来实现两种（或多种）波形的分别显示。由于实现双踪（或多踪）示波比实现双线（或多线）示波来得简单，不需要使用结构复杂、价格昂贵的“双腔”或“多腔”示波管，所以双踪（或多踪）示波获得了普遍的应用。

（1）双踪示波的显示原理

图 5-8（a）是双踪示波法基本原理的示意图。图中，电子开关 K 的作用是使加在示波管垂直偏转板上的两种信号电压作周期性转换。例如，在 0~1 这段时间里，电子开关 K 与信号通道 A 接通，这时在荧光屏上显示出信号 UA 的一段波形；在 1~2 这段时间里，电子开关 K 与信号通道 B 接通，这时在荧光屏上显现出信号 UB 的一段波形；在 2~3 这段时间里，荧光屏上再一次显示出信号 UA 的一段波形；在 3~4 这段时间里，荧光屏上将再一次显示出 UB 的一段波形……。这样，两个信号在荧光屏上虽然是交替显示的，但由于人眼的视觉暂留现象和荧光屏的余辉（高速电子在停止冲击荧光屏后，荧光屏上受冲击处仍保留一段发光时间）现象，就可在荧光屏上同时看到两个被测信号波形（图 5-8（b）所示）。

双踪示波器基本原理

为了保持荧光屏显示出来的两种信号波形稳定，则要求被测信号频率、扫描信号频率与电子开关的转换频率三者之间必须满足一定的关系。

首先，两个被测信号频率与扫描信号频率之间应该是成整数比的关系，也就是要求“同步”。这一点与单线示波器的原理是相同的，只是现在的被测信号是两个，而扫描电压是一个。在实际应用中，需要观察和比较的两个信号常常是互相有内在联系的，所以上述的同步要求一般是容易满足的。

为了使荧光屏上显示的两个被测信号波形都稳定，除满足上述要求外，还必须合理地选择电子开关的转换频率，使得在示波器上所显示的波形个数合适，以便于观察。下面谈谈电子开关的工作方式问题，这个问题与电子开关的转换频率有关。

电子开关的工作方式有“交替”转换和“断续”转换两种。

图 5-9 是电子开关“交替”转换工作方式的波形示意图。在 0~1 时间内，电子开关与通道 A 接通，加在 X 轴上的扫描信号开始进行第一个正程扫描，此时荧光屏上将显现出信号 UA 的波形；在完成 UA 波形显示后，扫描电压迅速回扫；在 1~2 时间内，电子开关 K 与通道 B 接通，X 轴上的扫描信号开始进行第二个正程扫描，荧光屏上将显示出信号 UB 的波形；在 2~3 时间内，荧光屏上再一次显示出信号 UA 的波形；在 3~4 时间内，荧光屏上再一次显示出信号 UB 的波形……。由此可见，被测信号 UA、UB 的波形是依次、交替地出现在荧光屏上的，荧光屏上显示的波形如图 5-9（b）所示。显然，此时电子开关的转换与 X 轴的扫描始终保持着一致的步调，即电子开关的转换频率等于 X 轴扫描信号的频率。图 5-9（b）中的虚线实际上是看不见的。

图 5-10 采用“断续”转换

图 5-9 采用“交替”转换方式的波形示意图

采用交替转换工作方式的显示的波形与双线示波法所显示的波形非常相似，它们都没有间断点。但由于被测信号 UA、UB 的波形是依次交替地出现在荧光屏上的，所以，如果交替的间隙时间超过了人眼的视觉暂留时间和荧光屏的余辉时间，则人们所看到的荧光屏上的波形就会有闪烁现象。为了避免这种情况的出现，就要求电子开关有足够高的转换频率。这就是说当被测信号的频率较低时，不宜采用交替转换工作方式，而应采用断续转换工作方

式。

当电子开关用断续转换工作方式时，在 X 轴扫描的每一个过程中，电子开关都以足够高的转换频率，分别对所显示的每个被测信号进行多次取样。这样，即使被测信号频率较低，也可避免出现波形的闪烁现象。同时，由于在一次扫描的过程中，光点在两个图形上交换的次数极多，所以图形上的细小断裂痕迹不显著，并不妨碍对波形细节的观察。图 5-10 是电子开关采用断续转换方式时的波形示意图。实际上，由于开关的转换频率选得远大于 X 轴扫描频率，所以荧光屏上显示的图形不会是图 5-10 所示的断续图形，而是连续的图形。图中垂直方向的细虚线表示了电子开关的转换过程。因在转换过程中示波器电路的设置使电子束截止，所以图中所示的垂直细虚线实际上也是不可见的。

在了解上述用电子开关来实现双踪示波的原理后，就不难联想到用环形计数器来实现多踪示波的原理。由于两者的显示原理相似，这里就不再赘述。

(2) 双踪示波器的基本组成

图 5-11 是双踪示波器的原理功能方框图。由图可见，它主要是由两个通道的 Y 轴前置放大电路、门控电路、电子开关、混合电路、延迟电路、Y 轴后置放大电路、触发电路、扫描电路、X 轴放大电路、Z 轴放大电路、校准信号电路、示波管和高低压电源供给电路等组成。

观察信号波形时，被测信号 u_A ， u_B 通过 YA，YB 两个输入端输入示波器，先分别送到 Y 轴前置放大电路 YA 和 YB 进行放大。因通道 YA 和通道 YB 都受电子开关的控制，所以 u_A ， u_B 两信号轮换着输送到后面的混合电路，加到示波管的垂直偏转板上。

为了适应各种不同的测试需要，电子开关可有五种不同的工作状态，即交替、YA、YB、YA+YB、断续等。这 5 种工作状态由显示方式开关来控制。

当显示方式开关置于交替位置时，电子开关为一双稳态电路。它受由扫描电路来的闸门信号控制，使得 Y 轴两个前置通道随着扫描电路门信号的变化而交替地工作。每秒钟交替转换次数与由扫描电路产生的扫描信号的重复频率有关。交替工作状态适用于观察频率不太低的被测信号。

图 5-11 双踪示波器的原理功能方框图

当显示方式开关置于 YA 或 YB 位置时，电子开关为一单稳态电路。前置放大电路 YA 或 YB 可单独工作，此时，双踪示波器可作为普通单线示波器使用。

当显示方式开关置于 YA+YB 位置时，电子开关处于不工作状态。此时，YA、YB 两通道同时工作，因而可得到两信号相加或两信号相减的显示。然而，两信号究竟是相加还是相减，这要通过 YA 通道的极性作用开关来选择。这个开关有两个位置，在第一个位置时，荧光屏上的图形为两信号之和；在第二个位置（-YA）时，荧光屏上的图形为两信号之差。为了观察被测信号随时间变化的波形，示波管的水平偏转板上必须加以线性扫描电压（锯齿波电压）。这个扫描电压是由扫描电路产生的。当触发信号加到触发电路时，触发了扫描电路，扫描电路就产生相应的扫描信号；当不加触发信号时，扫描电路就不产生扫描信号。触发有内触发、外触发两种，由触发选择开关来选择。当该开关置于内的位置时，触发信号来自经 Y 轴通道送入的被测信号。当该开关置于外的位置时，触发信号是由外部送入的。这个信号应与被测信号的频率成整数比的关系。示波器在使用中，多数采用内触发工作方式。所谓内触发也分为两种情况，并由内触发选择开关控制。当开关置于常态的位置时，触发电路的触发信号来自 YA，YB 通道。此时，两个通道即可同时稳定地显示出各自的被测信号。当用双踪显示来作时间比较分析时，就应该将内触发选择开关置于 YB 的位置。在这个位置时，触发电路的触发信号只取自 YB 通道的输入信号。此时只有当 u_A ， u_B 的频率成整数比时，荧光屏上才能同时稳定地显示两个波形。扫描电路产生的扫描信号（锯齿波信号），通过 X 轴选择开关接到 X 轴放大电路，经放大后送到示波管的 X 轴偏转板。这就是通常在

观察信号随时间变化的波形时,开关选扫描档的情况。除上述情况外,用示波器进行其它测试(比如观察李沙育图形)时,开关置 X 外接档,此时可将 X 轴输入端输入的信号,加到 X 轴放大电路进行放大,随后再送至 X 轴偏转板。

Z 轴放大电路对荧光屏上光点辉度起着调节的作用,抹去不必要显示的光点轨迹。当扫描电路闸门信号来到 Z 轴放大电路,Z 轴放大电路便输出正向的增辉脉冲信号,加至示波管的控制极。这就是说,在扫描信号的过程中,荧光屏上的光点得以增辉;在电子开关的转换过程中,电子开关电路将输出脉冲信号也加至 Z 轴放大电路,此时 Z 轴放大电路便输出负向脉冲信号,加至示波管的控制极。这样,在电子开关的转换过程中,就消去了两个通道交替工作时的过渡光点,以提高显示波形的清晰度。

校正信号电路产生一个一定频率、一定幅度的矩形信号(如国产 SR-8 型两踪示波器的校正信号是频率为 1kHz、幅度为 1V)。它是作校正 Y 轴放大电路的灵敏度和 X 轴的扫描速度之用的。

高、低压电源供给电路中的低压是供给示波器各级所需的低压电源的,高压是供给示波管显示系统电源的。

使用方法

示波器虽然分成好几类,各类又有许多种型号,但是一般的示波器除频带宽度、输入灵敏度等不完全相同外,在使用方法的基本方面都是相同的。本章以 SR-8 型双踪示波器为例介绍。

(一) 面板装置

[2]SR-8 型双踪示波器的面板图如图 5-12 所示。其面板装置按其位置和功能通常可划分为 3 大部分:显示、垂直(Y 轴)、水平(X 轴)。现分别介绍这 3 个部分控制装置的作用。

1. 显示部分主要控制件为:

- (1) 电源开关。
- (2) 电源指示灯。
- (3) 辉度 调整光点亮度。
- (4) 聚焦调整光点或波形清晰度。
- (5) 辅助聚焦 配合“聚焦”旋钮调节清晰度。
- (6) 标尺亮度调节坐标片上刻度线亮度。
- (7) 寻迹 当按键向下按时,使偏离荧光屏的光点回到显示区域,而寻到光点位置。
- (8) 标准信号输出 1kHz、1V 方波校准信号由此引出。加到 Y 轴输入端,用以校准 Y 轴输入灵敏度和 X 轴扫描速度。

2. Y 轴插件部分

(1) 显示方式选择开关用以转换两个 Y 轴前置放大器 YA 与 YB 工作状态的控制件,具有五种不同作用的显示方式:

“交替”:当显示方式开关置于“交替”时,电子开关受扫描信号控制转换,每次扫描都轮流接通 YA 或 YB 信号。当被测信号的频率越高,扫描信号频率也越高。电子开关转换速率也越快,不会有闪烁现象。这种工作状态适用于观察两个工作频率较高的信号。

“断续”:当显示方式开关置于“断续”时,电子开关不受扫描信号控制,产生频率固定为 200kHz 方波信号,使电子开关快速交替接通 YA 和 YB。由于开关动作频率高于被测信号频率,因此屏幕上显示的两个通道信号波形是断续的。当被测信号频率较高时,断续现象十分明显,甚至无法观测;当被测信号频率较低时,断续现象被掩盖。因此,这种工作状态适合于观察两个工作频率较低的信号。

“YA”、“YB”:显示方式开关置于“YA”或者“YB”时,表示示波器处于单通道工作,此时示波器的工作方式相当于单踪示波器,即只能单独显示“YA”或“YB”通道的信号波形。

“YA + YB”：显示方式开关置于“YA + YB”时，电子开关不工作，YA 与 YB 两路信号均通过放大器和门电路，示波器将显示出两路信号叠加的波形。

(2) “DC-⊥-AC”Y 轴输入选择开关，用以选择被测信号接至输入端的耦合方式。置于“DC”是直接耦合，能输入含有直流分量的交流信号；置于“AC”位置，实现交流耦合，只能输入交流分量；置于“⊥”位置时，Y 轴输入端接地，这时显示的时基线一般用来作为测试直流电压零电平的参考基准线。

(3) “微调 V/div”灵敏度选择开关及微调装置。灵敏度选择开关系套轴结构，黑色旋钮是 Y 轴灵敏度粗调装置，自 10mv/div~20v/div 分 11 档。红色旋钮为细调装置，顺时针方向增加到满度时为校准位置，可按粗调旋钮所指示的数值，读取被测信号的幅度。当此旋钮反时针转到满度时，其变化范围应大于 2.5 倍，连续调节“微调”电位器，可实现各档级之间的灵敏度覆盖，在作定量测量时，此旋钮应置于顺时针满度的“校准”位置。

(4) “平衡”当 Y 轴放大器输入电路出现不平衡时，显示的光点或波形就会随“V/div”开关的“微调”旋转而出现 Y 轴方向的位移，调节“平衡”电位器能将这种位移减至最小。

(5) “↑↓”Y 轴位移电位器，用以调节波形的垂直位置。

(6) “极性、拉 YA”YA 通道的极性转换按拉式开关。拉出时 YA 通道信号倒相显示，即显示方式 (YA+ YB) 时，显示图像为 YB - YA 。

(7) “内触发、拉 YB”触发源选择开关。在按的位置上 (常态) 扫描触发信号分别取自 YA 及 YB 通道的输入信号，适应于单踪或双踪显示，但不能对双踪波形作时间比较。当把开关拉出时，扫描的触发信号只取自于 YB 通道的输入信号，因而它适合于双踪显示时对比两个波形的时间和相位差。

(8) Y 轴输入插座采用 BNC 型插座，被测信号由此直接或经探头输入。

3. X 轴插件部分

(1) “t/div”扫描速度选择开关及微调旋钮。X 轴的光点移动速度由其决定，从 0.2μs~1s 共分 21 档级。当该开关“微调”电位器顺时针方向旋转到底并接上开关后，即为“校准”位置，此时“t/div”的指示值，即为扫描速度的实际值。

(2) “扩展、拉×10”扫描速度扩展装置。是按拉式开关，在按的状态作正常使用，拉的位置扫描速度增加 10 倍。“t/div”的指示值，也应相应计取。采用“扩展 拉×10”适于观察波形细节。

(3) “→←”X 轴位置调节旋钮。系 X 轴光迹的水平位置调节电位器，是套轴结构。外圈旋钮为粗调装置，顺时针方向旋转基线右移，反时针方向旋转则基线左移。置于套轴上的小旋钮为细调装置，适用于经扩展后信号的调节。

(4) “外触发、X 外接”插座采用 BNC 型插座。在使用外触发时，作为连接外触发信号的插座。也可以作为 X 轴放大器外接时信号输入插座。其输入阻抗约为 1MΩ。外接使用时，输入信号的峰值应小于 12V。

(5) “触发电平”旋钮 触发电平调节电位器旋钮。用于选择输入信号波形的触发点。具体地说，就是调节开始扫描的时间，决定扫描在触发信号波形的哪一点上被触发。顺时针方向旋动时，触发点趋向信号波形的正向部分，逆时针方向旋动时，触发点趋向信号波形的负向部分。

(6) “稳定性”触发稳定性微调旋钮。用以改变扫描电路的工作状态，一般应处于待触发状态。调整方法是将 Y 轴输入耦合方式选择 (AC-地-DC) 开关置于地档，将 V/div 开关置于最高灵敏度的档级，在电平旋钮调离自激状态的情况下，用小螺丝刀将稳定度电位器顺时针方向旋到底，则扫描电路产生自激扫描，此时屏幕上出现扫描线；然后逆时针方向慢慢旋动，使扫描线刚消失。此时扫描电路即处于待触发状态。在这种状态下，用示波器进行测量时，只要调节电平旋钮，即能在屏幕上获得稳定的波形，并能随意调节选择屏幕上波形的

起始点位置。少数示波器，当稳定度电位器逆时针方向旋到底时，屏幕上出现扫描线；然后顺时针方向慢慢旋转，使屏幕上扫描线刚消失，此时扫描电路即处于待触发状态。

(7) “内、外”触发源选择开关。置于“内”位置时，扫描触发信号取自 Y 轴通道的被测信号；置于“外”位置时，触发信号取自“外触发 X 外接”输入端引入的外触发信号。

(8) “AC”“AC (H)”“DC”触发耦合方式开关。“DC”档，是直流耦合状态，适合于变化缓慢或频率甚低（如低于 100Hz）的触发信号。“AC”档，是交流耦合状态，由于隔断了触发中的直流分量，因此触发性能不受直流分量影响。“AC (H)”档，是低频抑制的交流耦合状态，在观察包含低频分量的高频复合波时，触发信号通过高通滤波器进行耦合，抑制了低频噪声和低频触发信号（2MHz 以下的低频分量），免除因误触发而造成的波形晃动。

(9) “高频、常态、自动”触发方式开关。用以选择不同的触发方式，以适应不同的被测信号与测试目的。“高频”档，频率甚高时（如高于 5MHz），且无足够的幅度使触发稳定时，选该档。此时扫描处于高频触发状态，由示波器自身产生的高频信号（200kHz 信号），对被测信号进行同步。不必经常调整电平旋钮，屏幕上即能显示稳定的波形，操作方便，有利于观察高频信号波形。“常态”档，采用来自 Y 轴或外接触发源的输入信号进行触发扫描，是常用的触发扫描方式。“自动”档，扫描处于自动状态（与高频触发方式相仿），但不必调整电平旋钮，也能观察到稳定的波形，操作方便，有利于观察较低频率的信号。

(10) “+、-”触发极性开关。在“+”位置时选用触发信号的上升部分，在“-”位置时选用触发信号的下降部分对扫描电路进行触发。

(二) 使用前的检查、调整和校准

示波器初次使用前或久藏复用时，有必要进行一次能否工作的简单检查和进行扫描电路稳定度、垂直放大电路直流平衡的调整。示波器在进行电压和时间的定量测试时，还必须进行垂直放大电路增益和水平扫描速度的校准。示波器能否正常工作的检查方法、垂直放大电路增益和水平扫描速度的校准方法，由于各种型号示波器的校准信号的幅度、频率等参数不一样，因而检查、校准方法略有差异。

(三) 使用步骤

用示波器能观察各种不同电信号幅度随时间变化的波形曲线，在这个基础上示波器可以应用于测量电压、时间、频率、相位差和调幅度等电参数。下面介绍用示波器观察电信号波形的使用步骤。

1. 选择 Y 轴耦合方式

根据被测信号频率的高低，将 Y 轴输入耦合方式选择“AC-地-DC”开关置于 AC 或 DC。

2. 选择 Y 轴灵敏度

根据被测信号的大约峰-峰值（如果采用衰减探头，应除以衰减倍数；在耦合方式取 DC 档时，还要考虑叠加的直流电压值），将 Y 轴灵敏度选择 V/div 开关（或 Y 轴衰减开关）置于适当档级。实际使用中如不需读测电压值，则可适当调节 Y 轴灵敏度微调（或 Y 轴增益）旋钮，使屏幕上显现所需要高度的波形。

3. 选择触发（或同步）信号来源与极性

通常将触发（或同步）信号极性开关置于“+”或“-”档。

4. 选择扫描速度

根据被测信号周期（或频率）的大约值，将 X 轴扫描速度 t/div（或扫描范围）开关置于适当档级。实际使用中如不需读测时间值，则可适当调节扫速 t/div 微调（或扫描微调）旋钮，使屏幕上显示测试所需周期数的波形。如果需要观察的是信号的边沿部分，则扫速 t/div 开关应置于最快扫速档。

5. 输入被测信号

被测信号由探头衰减后（或由同轴电缆不衰减直接输入，但此时的输入阻抗降低、输

入电容增大), 通过 Y 轴输入端输入示波器。

注意事项

为了使波形的读数更加精确、清晰, 在原始校正波形时, 一定要把波形调得最准、最清晰、线条调至最精细, 只有这样, 读数才会最为准确, 误差才会减至最少, 这对故障分析往往有举足轻重的作用。最后还有一点需要注意的是: 校正波形调整完毕后, 所有补偿按钮都不能调动或更改 (即 SWP VAP 和电压补偿), 否则将要再次对示波器重新校正一次

常见现象

没有光点或波形

电源未接通。

辉度旋钮未调节好。

X, Y 轴移位旋钮位置调偏。

Y 轴平衡电位器调整不当, 造成直流放大电路严重失衡。

水平方向展不开

触发源选择开关置于外档, 且无外触发信号输入, 则无锯齿波产生。

电平旋钮调节不当。

稳定度电位器没有调整在使扫描电路处于待触发的临界状态。

X 轴选择误置于 X 外接位置, 且外接插座上又无信号输入。

两踪示波器如果只使用 A 通道 (B 通道无输入信号), 而内触发开关置于拉 YB 位置, 则无锯齿波产生。

垂直方向无展示

输入耦合方式 DC-接地-AC 开关误置于接地位置。

输入端的高、低电位端与被测电路的高、低电位端接反。

输入信号较小, 而 V/div 误置于低灵敏度档。

波形不稳定

稳定度电位器顺时针旋转过度, 致使扫描电路处于自激扫描状态 (未处于待触发的临界状态)。

触发耦合方式 AC、AC (H)、DC 开关未能按照不同触发信号频率正确选择相应档级。选择高频触发状态时, 触发源选择开关误置于外档 (应置于内档)。

部分示波器扫描处于自动档 (连续扫描) 时, 波形不稳定。

垂直接线条密集或呈现一矩形

t/div 开关选择不当, 致使 f 扫描 \ll f 信号。

水平线条密集或呈一条倾斜水平线

t/div 关选择不当, 致使 f 扫描 \gg f 信号。

垂直方向的电压读数不准

未进行垂直方向的偏转灵敏度 (v/div) 校准。

进行 v/div 校准时, v/div 微调旋钮未置于校正位置 (即顺时针方向未旋足)。

进行测试时, v/div 微调旋钮调离了校正位置 (即调离了顺时针方向旋足的位置)。

使用 10 : 1 衰减探头, 计算电压时未乘以 10 倍。

被测信号频率超过示波器的最高使用频率, 示波器读数比实际值偏小。

测得的是峰-峰值, 正弦有效值需换算求得。

水平方向的读数不准

未进行水平方向的偏转灵敏度 (t/div) 校准。

进行 t/div 校准时, t/div 微调旋钮未置于校准位置 (即顺时针方向未旋足)。

进行测试时, t/div 微调旋钮调离了校正位置 (即调离了顺时针方向旋足的位置)。

扫速扩展开关置于拉($\times 10$)位置时,测试未按 t/div 开关指示值提高灵敏度 10 倍计算。
交直流叠加信号的直流电压值分辨不清

Y 轴输入耦合选择 DC-接地-AC 开关误置于 AC 档(应置于 DC 档)。

测试前未将 DC-接地-AC 开关置于接地档进行直流电平参考点校正。

Y 轴平衡电位器未调整好。

测不出两个信号间的相位差

测不出两个信号间的相位差(波形显示法)

双踪示波器误把内触发(拉 YB)开关置于按(常态)位置应把该开关置于拉 YB 位置。
双踪示波器没有正确选择显示方式开关的交替和断续档。

单线示波器触发选择开关误置于内档。

单线示波器触发选择开关虽置于外档,但两次外触发未采用同一信号。

调幅波形失常

t/div 开关选择不当,扫描频率误按调幅波载波频率选择(应按音频调幅信号频率选择)。
波形调不到要求的起始时间和部位

稳定度电位器未调整在待触发的临界触发点上。

触发极性(+、-)与触发电平(+、-)配合不当。

触发方式开关误置于自动档(应置于常态档)。

触发或同步扫描

缓缓调节触发电平(或同步)旋钮,屏幕上显现稳定的波形,根据观察需要,适当调节电平旋钮,以显示相应起始位置的波形。

如果用双踪示波器观察波形,作单踪显示时,显示方式开关置于 YA 或 YB。被测信号通过 YA 或 YB 输入端输入示波器。Y 轴的触发源选择“内触发-拉 YB”开关置于按(常态)位置。若示波器作两踪显示时,显示方式开关置于交替档(适用于观察频率不太低的信号),或断续档(适用于观察频率不太高的信号),此时 Y 轴的触发源选择“内触发-拉 YB”开关置“拉 YB”档。

使用不当造成的异常现象

示波器在使用过程中,往往由于操作者对于示波原理不甚理解和对示波器面板控制装置的作用不熟悉,会出现由于调节不当而造成异常现象。现将示波器使用过程中,常见的由于使用不当而造成的异常现象及其原因罗列于表 5-1 中,供示波器使用者参考。

测试应用

电压的测量

利用示波器所做的任何测量,都是归结为对电压的测量。示波器可以测量各种波形的电压幅度,既可以测量直流电压和正弦电压,又可以测量脉冲或非正弦电压的幅度。更有用的是它可以测量一个脉冲电压波形各部分的电压幅值,如上冲量或顶部下降量等。这是其他任何电压测量仪器都不能比拟的。

1. 直接测量法

所谓直接测量法,就是直接从屏幕上量出被测电压波形的高度,然后换算成电压值。定量测试电压时,一般把 Y 轴灵敏度开关的微调旋钮转至“校准”位置上,这样,就可以从“ V/div ”的指示值和被测信号占取的纵轴坐标值直接计算被测电压值。所以,直接测量法又称为标尺法。

(1) 交流电压的测量

将 Y 轴输入耦合开关置于“AC”位置,显示出输入波形的交流成分。如交流信号的频率很低时,则应将 Y 轴输入耦合开关置于“DC”位置。

将被测波形移至示波管屏幕的中心位置,用“ V/div ”开关将被测波形控制在屏幕有效工

作面积的范围内，按坐标刻度片的分度读取整个波形所占 Y 轴方向的度数 H，则被测电压的峰-峰值 VP-P 可等于“V/div”开关指示值与 H 的乘积。如果使用探头测量时，应把探头的衰减量计算在内，即把上述计算数值乘 10。

例如示波器的 Y 轴灵敏度开关“V/div”位于 0.2 档级，被测波形占 Y 轴的坐标幅度 H 为 5div，则此信号电压的峰-峰值为 1V。如是经探头测量，仍指示上述数值，则被测信号电压的峰-峰值就为 10V。

(2) 直流电压的测量

将 Y 轴输入耦合开关置于“地”位置，触发方式开关置“自动”位置，使屏幕显示一水平扫描线，此扫描线便为零电平线。

将 Y 轴输入耦合开关置“DC”位置，加入被测电压，此时，扫描线在 Y 轴方向产生跳变位移 H，被测电压即为“V/div”开关指示值与 H 的乘积。

直接测量法简单易行，但误差较大。产生误差的因素有读数误差、视差和示波器的系统误差（衰减器、偏转系统、示波管边缘效应）等。

2. 比较测量法

比较测量法就是用一已知的标准电压波形与被测电压波形进行比较求得被测电压值。将被测电压 V_x 输入示波器的 Y 轴通道，调节 Y 轴灵敏度选择开关“V/div”及其微调旋钮，使荧光屏显示出便于测量的高度 H_x 并做好记录，且“V/div”开关及微调旋钮位置保持不变。去掉被测电压，把一个已知的可调标准电压 V_s 输入 Y 轴，调节标准电压的输出幅度，使它显示与被测电压相同的幅度。此时，标准电压的输出幅度等于被测电压的幅度。比较法测量电压可避免垂直系统引起和误差，因而提高了测量精度。

时间的测量

示波器时基能产生与时间呈线性关系的扫描线，因而可以用荧光屏的水平刻度来测量波形的时间参数，如周期性信号的重复周期、脉冲信号的宽度、时间间隔、上升时间（前沿）和下降时间（后沿）、两个信号的时间差等等。

将示波器的扫速开关“t/div”的“微调”装置转至校准位置时，显示的波形在水平方向刻度所代表的时间可按“t/div”开关的指示值直读计算，从而较准确地求出被测信号的时间参数。

相位的测量

利用示波器测量两个正弦电压之间的相位差具有实用意义，用计数器可以测量频率和时间，但不能直接测量正弦电压之间的相位关系。利用示波器测量相位的方法很多，下面，仅介绍几种常用的简单方法。

1. 双踪法

双踪法是用双踪示波器在荧光屏上直接比较两个被测电压的波形来测量其相位关系。测量时，将相位超前的信号接入 YB 通道，另一个信号接入 YA 通道。选用 YB 触发。调节“t/div”开关，使被测波形的一个周期在水平标尺上准确地占满 8div，这样，一个周期的相角 360° 被 8 等分，每 1div 相当于 45° 。读出超前波与滞后波在水平轴的差距 T，按下式计算相位差 φ ：

$$\varphi = 45^\circ / \text{div} \times T \text{ (div)}$$

$$\text{如 } T = 1.5 \text{ div, 则 } \varphi = 45^\circ / \text{div} \times 1.5 \text{ div} = 67.5^\circ$$

2. 李沙育图形法测相位

将示波器的 X 轴选择置于 X 轴输入位置，将信号 u_1 接入示波器的 Y 轴输入端，信号 u_2 接入示波器的 X 轴输入端。适当调节示波器面板上相关旋钮，使荧光屏上显现一个大小适宜的椭圆（在特殊情况下，可能是一个正圆或一根斜线）。

形成椭圆的原理如图 5-13 所示。

由图可见，设 Y 轴偏转板上的信号 u_1 超前于 X 轴偏转板上的信号 u_2 $1/8$ 周期，设 u_2 的初相为零，即 $\varphi_2=0$ ，因此当 u_2 为零时， u_1 为一个较大的值。如图中的“0”点。此时，荧光屏上的光点也相应地位于“0”点。随着时间的变化， u_1 上升， u_2 也上升，则荧光屏上的光点向右上方移动。当经 $1/8$ 周期后， u_1 、 u_2 分别到达“1”点，此时 u_1 到达最大值， u_2 为一个较大的值，荧光屏上的光点位于相应的“1”。如此继续下去，荧光屏上的光点将描出一个顺时针旋转的椭圆。如果 u_1 滞后于 u_2 则形成一个逆时针旋转的椭圆。当然，这只有在信号频率很低时（如几赫兹），且在短余辉的荧光屏上便会清楚地看到荧光屏上的光点顺时针或逆时针旋转的现象。由上述可见椭圆的形状是随两个正弦信号电压 u_1 、 u_2 相位差的不同而不同。因此可以根据椭圆的形状确定两个正弦信号之间的相位差 $\Delta\varphi$ 。在图 5-13 中设 A 是椭圆与 Y 轴交点的纵坐标，B 是椭圆上各点坐标的最大值。由图可见，A 是对应于 $t=0$ 时 u_1 的瞬时电压，

即

$$A=U_{m1}\sin\varphi_1$$

B 是对应于 u_1 的幅值，

即

$$B=U_{m1}$$

于是 $A/B = (U_{m1}\sin\varphi_1) / U_{m1} = \sin\varphi_1$

来表示。在实际测试中为读数方便，常读取 $2A$ 、 $2B$ （或 $2C$ 、 $2D$ ），按式

$$\Delta\varphi = \arcsin(2A/2B) \text{ 或 } \Delta\varphi = \arcsin(2C/2D)$$

来计算相位差。

图 5-14 所示的各种图形分别表示正弦信号电压在不同相位差时的情况。不难看出，如果椭圆的主轴在第 1 和第 3 象限内，则相位差在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 或 $270^\circ \sim 360^\circ$ 之间；如果主轴在第 2 和第 4 象限内，相位差在 $90^\circ \sim 180^\circ$ 或 $180^\circ \sim 270^\circ$ 之间。

图 5-14 不同相位差时的图形

频率的测量

用示波器测量信号频率的方法很多，下面介绍常用的两种基本方法。

1. 周期法

对于任何周期信号，可用前述的时间间隔的测量方法，先测定其每个周期的时间 T ，再用下式求出频率 f ： $f=1/T$

例如示波器上显示的被测波形，一周期为 8div ，“ t/div ”开关置“ $1\mu\text{s}$ ”位置，其“微调”置“校准”位置。则其周期和频率计算如下：

$$T=1\mu\text{s}/\text{div} \times 8\text{div} = 8\mu\text{s}$$

$$f=1/8\mu\text{s} = 125\text{kHz}$$

所以，被测波形的频率为 125kHz 。

2. 李沙育图形法测频率

将示波器置 X-Y 工作方式，被测信号输入 Y 轴，标准频率信号输入“X 外接”，慢慢改变标准频率，使这两个信号频率成整数倍时，例如 f_x ：

$f_y=1:2$ ，则在荧光屏上会形成稳定的李沙育图形。

李沙育图形的形状不但与两个偏转电压的相位有关，而且与两个偏转电压的频率也有关。用描迹法可以画出 u_x 与 u_y 的各种频率比、不同相位差时的李沙育图形，几种不同频率比的李沙育图形如图 5-15 所示。

利用李沙育图形与频率的关系，可进行准确的频率比较来测定被测信号的频率。其方法是分别通过李沙育图形引水平线和垂直线，所引的水平线垂直线不要通过图形的交叉点或与其相切。若水平线与图形的交点数为 m ，垂直线与图形的交点数为 n ，则

$$f_y / f_x = m / n$$

当标准频率 f_x (或 f_y) 为已知时, 由上式可以求出被测信号频率 f_y (或 f_x)。显然, 在实际测试工作中, 用李沙育图形进行频率测试时, 为了使测试简便正确, 在条件许可的情况下, 通常尽可能调节已知频率信号的频率, 使荧光屏上显示的图形为圆或椭圆。这时被测信号频率等于已知信号频率。

图 5-16 常用频率比的李沙育图形

由于加到示波器上的两个电压相位不同, 荧光屏上图形会有不同的形状, 但这对确定未知频率并无影响。

李沙育图形法测量频率是相当准确的, 但操作较费时。同时, 它只适用于测量频率较低的信号。

注意事项

为了仪器操作人员的安全和仪器安全, 仪器在安全范围内正常工作, 保证测量波形准确、数据可靠, 应注意:

1. 通用示波器通过调节亮度和聚焦旋钮使光点直径最小以使波形清晰, 减小测试误差; 不要使光点停留在一点不动, 否则电子束轰击一点宜在荧光屏上形成暗斑, 损坏荧光屏。
2. 测量系统- 例如示波器、信号源; 打印机、计算机等设备等。被测电子设备- 例如仪器、电子部件、电路板、被测设备供电电源等设备接地线必须与公共地(大地)相连。
3. TDS200/TDS1000/TDS2000 系列数字示波器配合探头使用时, 只能测量(被测信号- 信号地就是大地, 信号端输出幅度小于 300V CAT II) 信号的波形。绝对不能测量市电 AC220V 或与市电 AC220V 不能隔离的电子设备的浮地信号。(浮地是不能接大地的, 否则造成仪器损坏, 如测试电磁炉。)
4. 通用示波器的外壳, 信号输入端 BNC 插座金属外圈, 探头接地线, AC220V 电源插座接地线端都是相通的。如仪器使用时不接大地线, 直接用探头对浮地信号测量, 则仪器相对大地会产生电位差; 电压值等于探头接地线接触被测设备点与大地之间的电位差。这将对仪器操作人员、示波器、被测电子设备带来严重安全危险。
5. 用户如须要测量开关电源(开关电源初级, 控制电路)、UPS(不间断电源)、电子整流器、节能灯、变频器等类型产品或其它与市电 AC220V 不能隔离的电子设备进行浮地信号测试时, 必使用 DP100 高压隔离差分探头。

示波器使用中的其他注意事项

- (1)热电子仪器一般要避免频繁开机、关机, 示波器也是这样。
- (2)如果发现波形受外界干扰, 可将示波器外壳接地。
- (3)“Y 输入”的电压不可太高, 以免损坏仪器, 在最大衰减时也不能超过 400 V。“Y 输入”导线悬空时, 受外界电磁干扰出现干扰波形, 应避免出现这种现象。
- (4)关机前先将辉度调节旋钮沿逆时针方向转到底, 使亮度减到最小, 然后再断开电源开关。
- (5)在观察荧屏上的亮斑并进行调节时, 亮斑的亮度要适中, 不能过亮。

示波器分为万用示波表, 数字示波器, 模拟示波器, 虚拟示波器, 任意波形示波器, 信号发生器, 函数发生器

示波器知名厂商

美国泰克

泰克公司提供通用测试产品, 包括示波器、逻辑分析仪、信号源和频谱分析仪, 以及各种视频测试、测量和监测产品。特别在示波器市场, 泰克是全球销量最大的公司, 也是 80[[%]]的工程师的首选品牌。泰克通信公司为固定网络和移动网络提供网络诊断设备、网络管理解决方案和相关支持服务。泰克是全球示波器销量最大的公司, 也是 80[[%]]的工程

师的首选品牌。在其它参与竞争的产品市场中泰克也处于数一数二的地位。

美国安捷伦 Agilent

安捷伦科技公司是由美国惠普公司战略重组分立而成的一家高科技跨国公司，是全球领先的测量公司。安捷伦科技凭借其中心实验室的强大科研力量，专注于通信系统、自动化系统、测试和测量、半导体产品及生命科学和化学分析等前沿高科技领域的业务。其超凡的测量技术被广泛应用于感应、分析、显示及数据通信产品的研究开发。

台湾固纬 INSTRON

固纬电子实业股份有限公司，创立于 1975 年，主要生产电子测试仪器，是台湾创立最早且最具规模之专业电子测试仪器大厂。固纬创业团队开创以电源供应器起家，以量测技术为核心，专注精密电子量测仪器研发，并开创国人自制电子测试仪器的先河，开发出国内第一台液晶数位式示波器，也是台湾唯一有能力产制数位示波器及频谱分析仪的厂商！固纬电子从单一系列电源供应器的产品研究开发到多元化产品之专业研发、代理、行销，成为台湾规模最大，产品最齐全之专业电子仪器制造厂，除了提供了国内产业界及学术教育更优质、更经济实惠的量测解决方案外，也在全球量测仪器市场中占有一席之地。除此之外，固纬电子对产品品质严格把关，1993 年通过 ISO9002 国际认证并荣获国家磐石奖，2000 年成为股票上市公司。长久以来，固纬电子对电子量测技术的有杰出表现，使其产品获得许多的奖项与深受国内外客户的赞赏与推荐。

美国力科 LeCroy

力科是提供测试设备解决方案的领导厂商，为使得全球各行各业中的公司提供能够设计和测试各类电子器件。我们成立于 1964 年，自公司成立以来，我们一直把重点放在研制改善生产效率的测试设备上，帮助工程师更快速、更高效地解决电路问题。

美国 FLUKE

美国福禄克公司(Fluke Corporation)是美国丹纳赫集团(Danaher Corporation)旗下的公司。丹纳赫集团是一个拥有 40 亿美元年销售额的美国上市公司，位列美国财富杂志全球 500 强之一。自 1948 年成立以来，福禄克公司为各种工业的生产和维修领域提供了至关重要的测试和维护工具。从工业电子产品的安装维护服务到计算机网络的故障解决维护管理，还有精密计量和质量控制，福禄克电子测试工具在全球范围内帮助用户业务正常运作。

北京普源 RIGOL

RIGOL 是业界领先从事测量仪器研发、生产和销售的高新技术企业；是中国电子仪器行业协会、中国仪器仪表学会会员。

公司拥有国际水准的技术，拥有数量众多的专利和计算机操作系统软件著作权，自主知识产权填补了国家空白。

公司坚持自主创新，现已研发并生产了十五大系列、数十种产品，具体包括数字示波器、函数/任意波形发生器、数字万用表、虚拟仪器、可编程线性电源和多种数字化测试仪器。产品广泛适用于生产制造、工业控制、广播电视、网络通信、医疗监测和科研教学等领域。

OWON

OWON 致力为消费者提供合宜适用的测量解决方案，将高端测量技术普及应用至您的工作与生活中，“MEET YOUR BEST NEEDS”正是为此孕育而生。

自成功研发出国内首台手持彩色液晶数字存储式示波器后，我们在精密仪器仪表领域内快速成长，时至今日，OWON 已可提供数字示波器系列数十个系列的产品。无论是技术人员、工程师还是科研、教学人员，他们都可通过 OWON 产品扩展个人能力并出色完成工作。

科泰 CALTEK

扬中科泰电子仪器有限公司(原扬中市光电仪器厂)是江苏省高新技术企业,建于 1995 年,集科研开发、生产制造、经营销售于一体。目前已开发生产电子测量仪器各类产品 40 余种。公司年销售量为 30000 台以上,其中示波器产量约占全国同类示波器总需求量的 1/2 左右,已成为我国电子行业骨干企业之一。