

学会使用示波器

邓德勤

在家电维修中，如果使用示波器查找故障或调试电路，会使效率大大提高，这已被许多维修人员所认识。对于初次接触示波器的维修人员来说，要做到熟练操作和使用，除了认真阅读仪器说明书，熟悉示波器面板上控制件的作用，还需要通过实践，掌握一些技巧。下面以常见的SR8示波器为例，谈谈笔者的一些使用经验。该示波器的面板如图一。

一. 认识示波器

把示波器看得过于复杂会有碍于操作者充分发挥仪器的测试能力，对于一般家电维修人员来说，虽然对电子电路的工作原理有一定的了解，但对具体仪器的电路来说不一定熟悉。一般来说，作为使用，一开始并不需要像了解电视机的原理那样去弄懂它们的具体电路，但是，了解一些示波器的工作原理和仪器的技术性能，熟悉面板上旋钮的操作方法，这是每一个操作者首先要做到的。示波器的工作原理大同小异，以SR8为例，其电路方框图如图二。普通示波器一般分为三个主要部分：主机，Y轴系统，X系统与触发电路（同步电路）。主机包括示波管，低压直流稳压电源，高压直流发生器。低压直流稳压电源分别为电路提供不同极性和大小的低压直流电源，高压发生器产生示波管所需要的正负高压；为了仪器的日常校正，还有一个校准信号发生器，用来产生幅值与时间相对准确的方波信号，作为X轴的扫描时间，Y轴的频率响应和幅值校准。垂直系统中的垂直放大器将被测信号放大后，送到示波管垂直偏转板，使光点在垂直方向随被测信号的幅值变化产生移动，光点的位移与输入信号幅值成正比，既V/div。由于实际被测信号幅值大小差别很大，因此需要经过可调衰减器进行适当的衰减，将输入信号变换成幅值一致的信号送往垂直放大器放大。SR8是双踪示波器，能够同时输入两个相关信号，经过电子开关的切换，在荧光屏上产生两条光迹，从而显示两个波形。X轴系统由时基电路，X轴放大器组成，时基电路产生线性锯齿波电压，经过水平放大器放大后，送到水平偏转板，使光点产生水平方向的移动。由于锯齿波电压是线形上升的，其电压变化幅值与时间成正比，不同的电压对应不同的时间，光点的位移常常用时间表示，即T/div。由于被测信号是电压随时间的变量，所以当在垂直方向加被测信号，同时在水平方向加时基扫描信号之后，两者合成的结果，使电子束描绘出电压随时间变化的轨迹，这就是所谓的电压波形。被测信号与扫描锯齿波在进入示波器之前时间上一般没有关联，两个变量在时间上是随机的，在锯齿波扫描的第一个周期显示一个波形，当锯齿波重复扫描时，每次的波形都不会重合，人眼看起来，显示的图形将不会稳定，这与电视机中扫描电路与图像信号之间的关系一样。当用图像信号中的同步信号对行场扫描进行同步之后，才能看到稳定的图像，在示波器中，通过对被测信号进行取样，经过整形微分之后，产生触发脉冲迫使锯齿波在被测信号的某一点开始扫描，这个电路叫做触发电路。在仪器的使用说明书中，仪器的工作原理与技术性能都有介绍，同时也举例说明了一些基本操作，但对于初学者，仅凭这些知识还不够。一些家电维修人员采用万用表维修检查时，习惯于参考在路电阻电压之类的资料，用比对的办法进行操作，这种方法有很大的局限性；由于示波器测试的数据相对复杂，如果使用示波器也沿用这种方法，同样会遇到难题。因此，笔者认为，要想让示波器成为得力的助手，提高检修效率，加强基础知识的学习是必不可少的。万用表测试的是电压，电流与电阻数据，弄懂三者之间的内在规律，有助于对测试数据的分析，准确的找到故障原因；示波器测试的是波形，信号波形的含义包括那些，测出波形之后如何读懂，信号波形通过各种电路之后会有些什么变化，这些都是需要心中有数的，如果仍然采用比对的方法操作，示波器的使用价值就会大打折扣。万用表一般只有一个操作旋钮，但示波器上的旋钮不下几十个，初次接触示波器往往不知如何调节，测出波形之后又不知道如何读出参数，因此有必要了解这些旋钮的功能，了解关于波形的一些话题。

作为波形测试，示波器是用来对电压和时间进行定量分析的，所显示的图形实际上是一个Y-T图形，荧光屏上光点移动的距离用电压和时间表示，在荧光屏垂直与水平方向画出等分刻度，形成一个坐标图，只要预先确定和校准好光点位移距离与坐标刻度等值，就能从坐标上读出被测

波形的时间和电压。早期仪器的刻度采用一块坐标板贴在荧光屏前，现代仪器在示波管制造时，就在荧光屏上制作好刻度，后者减少了视差，有利于提高读数精度。仪器不同，面板上各种旋钮标注有些差别，如垂直衰减器的标定，有的采用V/div,有的采用v/cm；扫描时间的标定，有的采用T/div,有的采用频率。不同的标定意义上一致，SR8采用前者，坐标在垂直方向为8格，即最大显示8div,水平方向为10格，最大显示10div。虽然不同的仪器电路不同，构造不同，但在测试原理和方法上大同小异，操作方法也基本相同。仪器说明书中都列出了仪器的技术性能和指标，以SR8为例，这些参数的意义如下：

1.输入灵敏度

在没有任何衰减的情况下，Y轴输入被测信号后，光点移动一格的电压幅值叫做示波器的垂直输入灵敏度，这与万用表不同，万用表是以指针偏转满度来作为灵敏度。SR8的灵敏度为10mv/div,坐标刻度为8格，光点移动8格就是80mv。由于实际被测电压幅值有大有小，小于10mv仪器灵敏度不够将无法显示，这就需要选用更高灵敏度的仪器；大于80mv采用衰减器按照一定的比例进行衰减，与常用万用表电压挡的衰减道理相似，但不相同。示波器是宽带测试仪器，测试的信号频率大大高于万用表，电路的分布参数影响很大，必须要进行补偿，一般采用阻容衰减器实现，后者由于使用频率较低，采用电阻衰减器就可以满足要求，这也是万用表交流电压挡测试频率难以做高的主要原因。SR8的Y轴各挡分别为10mv/div→20v/div，按照1-2-5顺序分11挡，可测最大电压幅值20v/div×8格=160v[满屏]。上述读数是Y轴处于校准状态下的值，操作时Y轴微调旋钮一定要旋到校准位置。Y轴微调旋钮实际上是一个灵敏度调节装置，SR8的微调范围大于2.5倍，这样，该示波器就能连续覆盖从10mv至400v整个量程。对于更高的电压，采用衰减探头进行扩展，使用较多的是10比1探头。在测量高电压时，探头必须要有足够的耐压，操作时应当先将探头连接好，再打开被测电路的供电。这里需要弄清楚，示波器测量的电压是信号波形的幅值，对于直流，与万用表测试结果一样，对于其它波形，是波形的峰值，对于正弦波，如果需要换算成万用表测试的有效值，应进行简单的计算，这个幅值为有效值的 $\sqrt{2}$ ，近似可以看作2.828。由于其他形状的波形用万用表测试没有实际意义，一般不存在这种换算。

2.频带宽度

指的是Y轴放大器输入信号的频率范围，常用频率响应表示，以中间频率为准，当显示幅度下降3db时，其下限频率到上限频率的范围就是放大电路的带宽，这与放大器的频率响应定义相同。这种表示方法叫频率法，常用幅频响应曲线表示，如图三。SR8示波器带宽为：（交流耦合）10HZ→15MHZ≤3db,（直流耦合）DC→15MHZ≤3db。-3db表示显示的电压幅值为基准频率时的百分之七十，随着频率的增高，显示幅值更小，误差更大，测试结果失去意义。需要注意的是，有些二手仪器推销商，故弄玄虚，-6db甚至更大的衰减也计算在内，一台本来只有5MHZ的仪器被说成40MHZ的带宽，初次接触示波器的维修人员一定要注意。实际上，这些指标如果是新仪器会有一些富裕，但是二手仪器这些指标是很难达到的，在一般条件下，恢复也存在困难，提高就更难说了。

仪器电路结构不同，采用的元件，示波管，衰减器，探头等不同带宽也不同。根据笔者的实践，示波器y轴频率低端误差不大，主要表现在频率高端，这项指标是否准确，直接影响测量的准确性。比如，我们采用带宽为5MHZ的示波器测量电视机的视频信号（ST16示波器带宽就是5MHZ），由于视频信号频谱有6.5MHZ带宽，仪器本身在5MHZ时就有-3db的误差，用来测试6.5MHZ的信号，产生的误差将会增大。视频信号包含有从直流到6.5MHZ的信号，高频端信号显示幅度将会减少，复合波形在两台仪器上就会不一样。实际的信号波形中，不仅包含有基波，还包含有高次谐波，如果仪器的带宽太低，这些高次谐波就不能得到同等的放大，波形就会产生失真。对于要求较高的测量，使用时应尽量选在带宽的三分之二以内。

3.上升时间和上冲量

这是 Y 轴带宽的另一种表示方法，常叫做瞬态响应。这种表示对于测量脉冲信号更加直观，这是因为 Y 放大器在放大信号时，不仅要放大变化极快的部分（上升边和下降边），还要放大变化极慢的部分（平顶部分），用矩形脉冲定义最为恰当，矩形脉冲包含有上述所需要的信号，当用矩形脉冲输入到电路后，输出脉冲不应有很大的形状变化，脉冲的简单定义参看图四，读者可参考有关书籍。SR8 示波器上升时间 $\leq 24\text{ns}$ ，上冲量 $\leq 5\%$ ，其含义是，当用一个理想方波输入进去，实际显示的波形会产生 $24\mu\text{s}$ 的延迟，脉冲上升部分会有不大于百分之五的上冲。

仪器本身的上升时间在测量快速脉冲时是一个不能忽略的指标，比如，实际被测脉冲的上升时间如果小于或者等于仪器 Y 轴放大器的上升时间，仪器本身根本不能显示，一般要求被测信号的上升时间大于仪器的三倍以上才可以获得较好的效果。许多宽带或高速电路要求有较好的瞬态响应，如数字电路中的时序信号，触发信号，如果上升时间过长，电路工作就会失常；在电视机中，瞬态响应不好就会出现黑白图像界限不清楚，清晰度降低；在用脉冲测距的仪器中，如雷达，超声测距仪器，就会造成距离不准确...。在大多数使用中，脉冲的测试更加普遍，如电视机中的扫描信号，开关电源的脉冲等，数字电路中的各种信号。

对于一个方波信号，平顶部分反映的是变化很慢的信号，相当于频率比较低的信号，不允许有较大的降落，在电视机中，平顶降落过大，大面积物体的图像就会产生明暗差别（大面积的物体的图像应是等亮度的），在用电平控制下级的电路中，如果平顶降落过大，与之相连的后续可能会产生翻转，引起误动作。一般要求平顶降落相对值小于百分之几。方波信号中的上升边与下降边，代表的是频率比较高的信号，除了延迟还会丢失，往往产生相位失真，频率失真。

上冲量，是方波脉冲上升时产生的过冲，也是一个相对值。这种现象是因为电路中存在惯性元件所造成，严重时甚至产生衰减振荡，在电视机中表现的是图像镶边现象。如果上升部分没有合适的上冲，出现圆弧状，这在电视机中会出现图像细节不清楚，即所谓的高频响应太差。

频率响应与瞬态响应都可以表征 Y 轴放大器的品质，他们之间是可以互译的，频率响应是用稳态分析法得出的，得出来得是幅频特性，这种特性用扫频仪可以十分方便的测试；瞬态响应是用暂态分析法得出的，用方波表征一目了然；当然，对于信号还可以用频谱测试仪分析，此时仪器上显示的是不同频率的信号幅值，读者可参考有关专著。

Y 轴放大器的上述指标决定了仪器的档级和使用范围，在家电维修中，示波器常常用来测试电视机中的视频信号，伴音信号，开关电源中的脉冲信号，扫描电路中的脉冲信号，微处理器的脉冲信号，这些信号的频率一般都在 10MHz 之内，SR8 具有 15MHz 的带宽，完全可以胜任。高频头及中频放大器的频率较高，信号微弱，采用示波器测量需要更高的灵敏度和带宽，高灵敏度宽带仪器价格昂贵，操作很讲究，维修中较少使用。

4.输入阻抗

示波器测量一般都是并联使用，因此负载效应不可忽视，足够大的输入阻抗和较小的输入电容会减轻对被测电路的影响。特别是输入电容，对于高频电路的测试，这个电容并联在谐振回路，会造成回路失谐，破坏电路的正常工作，使测试结果失去意义；如果并联在高速脉冲电路上，由于电容的充电作用，脉冲的上升部分将会丢失；低的输入电阻如果并联在内阻较高的电路中，被测电路的等效阻抗将会减小，电路的工作也会失常，如高输入阻抗的场效应管电路，真空管电路等，测量结果也失去意义。仪器的输入电阻和电容是从插座端看进去的，不包括连接的电缆。常用的直通电缆分布电容一般在 100PF 左右，与仪器连接之后，电缆的分布电容与仪器本身输入电容并联，使等效电容增大，因此，直通电缆只能用来测试直流或低频信号与低速脉冲。在电缆测量端加接隔离电阻是减少分布电容的有效方法，这就是探头的由来，由于电阻就在测试端，并用一个外壳绝缘的腔体安装，因此，由探头引线，探针，外壳等产生的寄生参数大大减少，如 SR8 就只有 15PF 左右了。实际使用中，即使使用探头，有些测试还要临时加接隔离电阻，这个电阻一般取值几百欧姆，这在测量高频电路时尤为重要，以避免仪器接入时对电路造成的影响，不过这个电阻的值，相对仪器的输入电阻来说很小，不会因为隔离造成测试误差。

探头内的隔离电阻，连接电缆与仪器本身的输入电阻组成一个衰减器，它们都有一个确定的衰减比例，在测量直流或者低频时，基本上由电阻决定，精密电阻容易获得，此时的衰减精度能够保证，随着频率的增高，分布电容或者引线电感会使衰减比产生很大的误差，因此常常要在电阻上并联适当的可调电容进行补偿，通过调节该补偿电容，满足 $R_1 \times C_1 = R_2 \times C_2$ ，参看图五阻容衰减器。打开示波器的外壳察看输入电路中的衰减器，可以看到安装的可调电容，这些电容就是为了这个目的。这些可调电容出厂时都用仪器校准，使用日久也会产生变化，仪器附带的说明书中一般都有调校方法。有些宽带仪器的电缆芯线是一根电阻丝，其阻值在数百欧姆，这是用于阻尼的，在宽带仪器中常常使用，如果探头或插头端芯线断了，焊接时要小心操作，一般不宜选用其他的电缆代替。采用 RC 补偿的探头使用频率一般适用于 30MHZ 左右，频带更宽的探头还要进行电感补偿，经过校准的探头不宜调换。对于新仪器，这些附件齐全，家电维修人员购买二手仪器时，应当要选配优质衰减探头，使用前要进行必要的校准，方法可参见说明书。探头是仪器的第一门户，调校选择不当，会使测量带来误差，二手仪器供应商提供的探头或市场上销售的探头质量差异很大，价格悬殊，选配时应予以注意。

5.Y 轴的最大输入电压

SR8 仪器的说明书中是这样表示最大输入电压的：直流+交流峰值 $\leq 400V_P$ ，指的是垂直衰减置最大，即 20V/div，再加上微调 2.5 倍衰减时的值。由于示波器的垂直放大器一般都是直流放大器，测量含有直流电压的信号时，为了避免直流电压的影响，应将垂直输入置 AC 方式；在直流输入方式时，示波器可以同时显示交流和直流信号，不仅能够分别读出直流或者交流值，也可以读出他们的叠加值，这是万用表无法做到的。如测量钳位电路，测量三极管的直流工作点和交流信号波形，不仅能够读出直流幅值，还能够了解其动态范围。

6.双踪显

在测量中，有时需要同时测量两个信号的波形，实现的方法有两种，第一种是采用双枪示波管构成的双线示波器，其 Y 轴系统具有两个独立的电路，类似两个单踪示波器，共用一个扫描系统，两组电子束在屏幕上同时显示，其优点是可以观察两个同时出现的快速单次脉冲，但需要特殊的示波管；另一种方法是采用单枪示波管，用电子开关切换两个被测信号，由两个输入电路与前置放大器对被测信号预先进行放大处理，由电子开关进行切换，再经后级放大器放大，在屏幕上显示两条光迹。电子开关有交替和断续两种工作方式，SR8 就是采用这种结构。交替方式工作时，两个被测信号轮流地显示在屏幕上，当扫描电路第一次扫描时，A 通道工作，示波管显示第一个波形，第二次扫描时，B 通道工作，显示第二个波形，以后的各次扫描，只是重复而已，这种方式适合显示较高频率的信号，他充分利用了眼睛的视觉暂留特性，看起来两个波形就像同时出现一样；断续工作方式，就是在第一次扫描时的第一瞬间显示第一信号的某一段，在第二个瞬间显示第二个信号的某一段，以后各个瞬间，轮流的显示这两个信号波形的其余各段，在屏幕上看到的也是两个波形，由于断续转换频率很高，显示的光点很密集，人眼看起来仍然是连续的，这种方式适合显示较低频率的信号。利用电子开关的转换，还可以实现更多路数的显示。

多踪显示技术为测量带来了方便，如双踪示波器，就可以同时显示一个电路的输入和输出信号，对于线性放大器，可以从两个衰减器上很快读出电压放大量，对于数字电路，可以很快的了解它们的逻辑关系，时间关系。SR8 示波器 Y 轴系统有五种显示方式：Ya, a 通道单踪工作；Yb, b 通道单踪显示；断续工作，适合较高频率信号的双踪显示；交替工作，适合较低频率信号的双踪显示；Ya+Yb, 显示两个通道信号的代数和，当两个通道的信号同相位时相加，反相位时则为两个信号的差。双踪显示可以用来测量相位，如同一电路中输入输出信号的相位差，操作时，注意触发源的选择，对于 SR8，触发源置于 Yb 的位置，用内触发方式启动扫描。对于不同的仪器，使用时应当参阅说明书。读数时，以一个周期的信号波形定标，一个周期为 360 度，假如这个波形在水平方向占有 10 格，则每格为 36 度，两个波形的前沿在水平方向的差距换算成度数就是结果，为了更精确的读数，可以适当加快扫速，使两个波形的差距多占几格，这样读数就相对

精确一些。

7.延迟线

我们知道，信号在电路中传输时总是需要一定的时间，当用 Y 轴系统中的信号去启动扫描电路时，锯齿波的产生总是落后于 Y 轴信号，对于上升很快的脉冲前沿将无法观察到。用延迟线使被测信号稍后到达荧光屏，这就相当于提前启动了扫描。SR8 示波器延迟时间为 150ns,不同的仪器延迟时间有差别，有些低档仪器没有设置延迟线，这种仪器观察脉冲时就会看不到快速脉冲前沿。

8.扫描时间因数

SR8 示波器是单时基扫描系统，对于周期重复信号，因为每个波形具有相同的电参数，观察其中一个波形获得的数据，足以代表对整个信号的描述。一个扫描时间因数可变的单时基系统，就能满足不同频率信号的观测，测试时，只要根据所测信号频率选择扫描时间，令显示的波形有一个或几个周期就能满意观察，如果不需要读出波形的时间，可以通过调节扫描微调使波形展开，一个周期刚好占满整个屏幕，这样有利于观测。SR8 的扫描时间因数范围为：自 0.2us/div→1s/div,按照 1.2.5 顺序分 21 挡，与垂直灵敏度调节一样，也有一个微调装置，其扫速微调范围大于 2.5 倍，这样扫速就能够连续可调。需要注意的是，在需要读出信号的准确时间或者频率时，一定要将微调旋钮顺时针旋到校准位置。

前面已经讲过，时基电路产生的线性锯齿波电压，每一幅值对应确定的时间，扫描线的长短用时间来定度，SR8 分度为 10 格，即 10div,旋钮上标定的是每格的时间。扫描速度范围是根据仪器的带宽来确定的，如 SR8 示波器的最高扫描速度为 0.2us,当输入信号为 15 兆周时，显示的波形有 30 个，如果需要观察这个信号的细节就不行，这就需要增加更多的扫描档级，其结果是增加仪器的复杂性和成本，由于此时显示的信号频率已经接近 Y 轴放大器的上限，误差较大，大多数仪器采用一种称为扫描扩展的电路来完成。SR8 能够扩展 10 倍，扩展之后，最高扫速可以达到 20ns/div, 15 兆周的信号显示的波形有三个，不过误差会增大，亮度会降低，但在大多数情况下还是能够满足要求的。信号的周期与频率是可以互译的，因此，知道了一个信号的周期，频率也就知道了。周期与频率的关系如下式： $T = \frac{1}{f}$ ，式中 T 的单位为秒（S），频率的单位为赫兹（HZ），如市电频率为 50HZ,则周期为 20ms，行振荡频率为 15625HZ，换算成时间为 64us,依此类推。

对于数字信号或复杂周期信号，如电视机的视频信号，一个行扫描周期内还叠加有其他信号，如果需要观察其中的某一信号，单时基系统只能通过扫描扩展来实现，这种方法对 X 轴放大器要求较高，显示的光迹也相对较暗，效果不太理想，单时基双扫描系统就能较好的解决这一问题，如 SR35, SR37 等示波器就有这种功能，不仅能够观察该信号的整个周期，还能将该周期内需要观察的其他信号用组合等方式显示。如观察电视机的视频信号，在一行内，能有效的观察其中的行同步脉冲，色脉冲。这种双扫系统的扫描大致过程是：先按单扫描产生第一扫描（主扫描），将主扫描锯齿波电压送入一个电压比较器，电压比较器的阈值是可调的，当第一扫描锯齿波电压上升到给定值时，比较器翻转产生触发脉冲启动第二扫描（延迟扫描），由于比较器翻转时的锯齿波电压幅值对应的的时间就是待仔细观察波形的某一点，因此，第二扫描就从该点开始，这样就能有效的观察该脉冲的细节，调节延迟时间倍率，就能准确的读出这个脉冲的时间参数。

9.触发电路

与电视机电路中的同步电路原理一样，扫描发生器中的锯齿波必须与被测信号同步，才能稳定的显示信号。SR8 示波器有三种触发方式，常态触发，自动触发，高频触发。常态触发也叫等待触发，触发信号来自于垂直系统的一部分信号（也可以来自外部触发源），把它变换成触发脉冲，这个脉冲的前沿与所选定的波形的某点同时发生，通过调节面板上的触发电平旋钮给定，该电平大小可调，极性可以转换。在触发脉冲的启动下，扫描发生器开始扫描，形成扫描基线，当

没有被测信号时扫描停止，光点停留在屏幕的左边，光点隐约可见，适当调节面板上的亮度旋钮就能看到。与电视机一样，锯齿波扫描回程也会在荧光屏上形成光迹，采用消隐或者增辉技术就能消除回扫光迹，在等待触发状态，如果亮度调的过亮，扫描之后的光迹会很亮，使光迹变粗，影响测量精度。在能够有效观测的前提下，尽量调低亮度，扫描线会更加精细，有些示波器为了达到这一目的，专门使用了遮光罩，避免了外来光源的影响，因此，示波器在使用时，应当注意不要有较强的光源直射。自动触发与电视机的同步相似，在没有触发信号时，锯齿波发生器也能扫描产生扫描线，因此也叫连续扫描。当加上被测 Y 轴信号后，这个信号中的一部分经过整形变换，产生触发脉冲，用来对锯齿波信号同步，从而获得稳定的波形。自动方式由于能够在没有 Y 轴信号时显示扫描基线，因此常常用来进行电平定位。自动触发时，需要被测 Y 轴信号的频率高于扫描发生器的自激振荡频率，自激振荡才能终止，实现触发扫描。由于触发电平事先难以确定，很多时候需要人工干预，调节触发电平旋钮或稳定度旋钮（该仪器稳定度旋钮是隐藏的，在面板上只作为微调）获得波形的稳定。高频触发是为了测试高频信号波形设置的，随着频率增高，常态触发电路的频率响应变差，信号的放大整形，微分同步都变得困难，因此增加一套电路用来测量频率较高的信号。

触发输入信号与触发放大器之间的信号耦合，要求他们有良好的频率响应，在观察频率很低的信号时，耦合电容限制了低频响应，使得触发灵敏度降低，采用直流耦合可以展宽低频响应，但放大器工作在直流状态容易产生漂移而影响同步稳定性；对于含有低频干扰的信号，干扰信号会产生误触发，在耦合电路中采取抑制低频分量的方法才能准确的触发；有些示波器为了测试电视机的同步信号，设置专门的电路进行处理，一般是采用分离出同步信号的方法并把它作为触发脉冲，常常称为 TV 方式，这种电路特别适合电视机的检修。SR8 示波器有三种选择方式：AC, 交流耦合，AC(H), 低频抑制，DC, 直流耦合，实际测试时根据需要选择。进行测量时，有些时候需要外接触发信号进行同步，仪器面板上设置有这一接口，将触发源开关置于外接，输入与被测信号时间上关联的信号，其他操作没有变化。如：在被测信号中含有电源干扰时，有时候需要了解干扰的来源或大小，内同步难以获得足够的触发信号，干扰波形无法显示，此时可以用经过隔离和适当衰减的电源信号进行外同步，往往比较方便。

面板上的触发电平旋钮与触发极性选择开关是用来改变扫描启动点的，该点称为触发点，它由信号的幅度与波形的斜率确定。示波器显示的图形是从上升沿开始还是下降沿开始，应根据被测信号的特性确定，当触发极性选择“+”时是上升信号，“-”时是下降信号，可用图二中触发电平和斜率对测试波形的影响说明。

10. X 输入与 X-Y 显示

水平放大器还可以工作在外接状态，此时时基电路停止工作，与垂直放大器一样，可以输入任何物理量转换过来的电压信号，这些量都是独立的变量，因此这种显示也叫做 X-Y 显示。在外接 X 时，水平方向的光迹长短也是用电压定标的，SR8 示波器水平输入电路比较简单，没有输入衰减器，灵敏度为 $\leq 3/\text{div}$ ，频带宽度为 $0 \rightarrow 500\text{KHZ}$ ，外接 X 信号的频率与电压幅度以此为准。在要求精确测量时，最好用幅值准确的信号定标，以实际标度作为计算依据。X-Y 方式显示时，由这两个变量电压形成的光迹形象的显示出他们的函数关系，扫频仪与晶体管图示仪就是典型应用。在家电维修或电路实验中，采用一些基本仪器与简单的电路进行适当的组合，如使用现成的示波器和几个简单的元件组成测试电路，就可以用来对晶体管等元件进行测试，这就像我们利用万用表的电流挡，串联一支电阻作为电压表，并联一支电阻作为电流表，加上检波头成为交流电压表。为了让有兴趣的读者举一反三，这里向读者介绍几种 X-Y 显示例子，如图六。

11. 日常维护与校准

示波器作为测量仪器，长期存放或者使用一段时间之后，应当进行必要的校准。大多数示波器本身附带有校准信号，可以用来对垂直幅度，水平扫描时间，衰减探头，衰减器，直流平衡，上冲等进行简单校准。SR8 示波器有一个频率为 1KHZ ，幅度为 1V 的校准信号，用来日常校准，

具体方法参见说明书。我在这里介绍几种比较实用且准确的方法，如图七。这些方法操作简单，效果良好。图七a,采用行场同步脉冲校准时间，这是一种简便易得的时间标准，在电视机正常工作状态，用示波器测量行同步脉冲，调节面板上 t/div 校准，在 10us/div 挡，使波形显示 6.4 格；测量场同步脉冲，在 2ms/div 挡，调节面板上 t/div 校准，一个周期占满 10 格。垂直幅度校准用直流电源进行，示波器垂直输入置 DC 输入，扫描置自动，确定好基线，输入预先用数字万用表测试过的直流电压，在对应的 v/div 挡，显示格数应与直流电压重合，通过调节垂直校准满足 SR8 的校准在仪器底下），如图七b。为了保证校准的准确性，上述校准应当重复几次。需要说明的是，这种校准是在仪器电路正常情况下进行的，此时示波器的衰减器和时基电路的定时器是正常的，各挡之间的相对误差不会有问题。垂直衰减器的瞬态响应与探头的校准利用仪器自带的方波信号进行，不同校准状态时的波形如图七c。

面板上其他控制件操作相对比较简单，仪器说明书中有介绍，这里不在叙述。

二.用示波器检修电视机

从某种意义上讲，使用示波器并不比万用表复杂。从万用表上读出的数据是电压，电流，电阻一些基本参数，这是与电打交道的人需要掌握的最基本的东西，作为家电维修人员来说，没有理由不去弄懂。通过测量电压降了解某一条电路中流过的电流，是万用表测量中的一种变通，但还是有一些人习惯或喜欢切断电路，将电流表串联在电路中测量电流，说到底是没有真正理解电压，电流，电阻相互之间的内在联系，如果使用示波器也采用这种方法或者思路，正确和熟练使用示波器就显得困难了。与万用表不同，示波器如果用来测量交流电压，可以观察到电压在不同时间时的值，这就是我们说的瞬时值，这是万用表无法做到的。由于扫描时间很快，光点随时间变化的轨迹就形成一个所谓的波形图；对于变化较慢的信号，我们可以看到光点移动，采用长余辉示波管就可以看到连续的光迹，这种示波管的发光物质被激发后，即使电子束停止，发光物质继续发光，因此电子束扫描过的地方就会连成一条线；对于变化更慢的过程，早期常常采用机械方式记录或者采用拍照的办法获取数据；由于电脑存储技术的采用，上述方式已不多见。对于家电维修人员来说，也许并不需要深入的了解仪器的电路原理，但这并不意味着不需要懂得电子电路的工作原理，懂得信号的特征，懂得各种电路对信号的响应，恰恰相反，对于这些理解的越深越全面，操作各种仪器就会越方便，处理问题的能力就会越强。

前面已经讲过，把示波器作为 Y-T 图形显示时，垂直方向的光点偏转位移代表电压大小，水平方向代表时间。垂直方向波形幅值的格数与 V/div 旋钮对应的值的乘积就是波形的实际电压（注意垂直微调要在校正位置），如果使用衰减探头，还要乘上衰减倍率。如在 1v/div 挡用 10:1 探头测出某信号幅值有 4.5 格，实际信号的电压为 $1V \times 4.5 \times 10 = 450V$ 。由于示波管和垂直放大器的非线性，显示波形最好为满度的百分之八十左右，如 6 格。对于不需要读出幅值，只需要观察波形形状的情况，还可以通过微调使波形刚好占据 6 格左右，这样利于观察。由于周期信号每个周期都是一样，观察一个周期就能了解信号的特征，因此，选择扫描时间因数档级应当满足这个要求，使整个荧光屏上观察到一个或几个完整的信号波形即可。当扫描时间小于被测信号周期时，只能显示这个信号的一个周期的一部分；当扫描时间等于信号周期时，刚好显示一个完整的波形；扫描时间是信号周期的几倍，显示的波形就有几个。在不进行时间测试时，调节扫描微调来使波形展开的个数利于观察，如某波形显示 2.5 个周期，通过微调可以只显示一个。扫描时间微调范围为 2.5 倍，超过了微调范围就选择临近档级满足，在被测信号不变的情况下，提高扫描速度可以使显示的波形个数减少。如果进行时间测试，微调装置一定要旋到校准位置，此时的读数才是准确的。上面的操作还需要配合触发选择和触发电平的正确调节才能稳定的显示波形，这在前面已经讲过，具体操作时，应根据被测信号的类型选择是 AC 触发还是 DC 触发；根据频率的高低选择是高频还是其他触发；根据所要观测波形的上升还是下降部分选择极性；面板上标明的触发实际上是等待触发，在没有被测信号时，没有扫描基线，在加上信号之后，由于信号大小不同，如果触发电平不合适，往往难以启动扫描，此时需要对触发电平进行调节，才能启动扫描对

信号进行显示；在触发置于自动状态，也需要调节触发电平，以使显示的波形稳定。调节触发电平旋钮实际上是改变扫描锯齿波在被测信号的那一点开始，参见图二中：触发电平和斜率对波形的影响。示波器操作的基本功就在于正确选择垂直衰减器（V/div），扫描时间因素（T/div），触发方式和触发电平，理解他们相互之间的内在联系，多进行一些实践就可以慢慢熟练。

为了让初次接触示波器的维修人员较快的进入角色，下面以长虹 TA 两片机芯为例，列举一些测试方法，该机的电路方框图如图八。这些方法对其他型号的机芯也是适用的。需要指出的是，大多数测试时最好使用 10 比 1 衰减探头，充分利用探头的高内阻和低电容特性，减少测量误差；由于电视机中大多数测量点的电压都在数百毫伏以上，采用衰减探头虽然使灵敏度降低，但对测量的影响很小；仪器使用前，应当对探头进行校准，这在测量行扫描逆程脉冲或开关电源的尖峰脉冲时尤为重要，特别是开关电源开关管的尖峰脉冲，刚好在脉冲的上升部分，如果探头方波响应上冲过大，实测脉冲幅度会增大，反之会减少；对于其他信号波形，波形将会产生畸变。在探头与被测电路进行连接时，接地点应尽量选择在测试点附近，以免在测量小信号时出现干扰；对于高电压的测试，先接好仪器再开机，应当养成习惯，并在开机之前选择好垂直衰减器的挡位，如果对被测信号的电压心中无数，应当根据可能出现的高电压选择较大的垂直衰减，以免损坏仪器或电路，通电之后再根据显示结果进行调整；对于一般测试，接好地线之后，适当调节仪器面板上的相关旋钮，只要用探针接触被测点就能显示波形。实际操作中，往往需要测试几个地方，因此测试之前，最好把需要测试的点做出记号，操作时就方便多了；许多时候要进行一定时间的观察或者调试，此时最好将仪器与电路的连接固定，大多数探头引线有一个可以伸缩的小勾，只要用小勾套住被测元件的管脚或引线就能卡住，对于不好连接的测试点，用单股引线做成一个小圈圈，焊接在被测点，再用探头小勾连接。

电视机实际电路中用示波器测试的地方较多，为了叙述方便，将上述电路分成三个部分进行说明：开关电源，行扫描电路，其他如视频信号电路，控制电路等作为一个部分。

1. 开关电源电路的测量

由于开关电源有冷热两种接地方式，采用示波器或者其他仪器测试时，应采用隔离电源对市电进行隔离。对于冷底板结构的电源电路进行测试，市电整流滤波电容的负极就是参考点，这与用万用表测量一样，接地点不能搞混。根据笔者的经验，对于大多数电源来说，测量开关管的集电极脉冲，基极脉冲就能了解电源工作的状况。以长虹 C2163 机的开关电源为例，见图九 a。这种电源为分离元件组成，是一种自激并联式脉冲调宽型电源，测量点选择 V806 的集电极，开关电源是否起振，根据脉冲波形的有无就能确定；测量脉冲幅值，这个波形的脉冲幅度与整流之后的直流电压有关，220V 交流电压输入时，幅度在 450V 左右，当市电升高或降低时，这个脉冲幅值会随着升高或降低；脉冲的上升前沿一般都有一个尖峰，这个尖峰幅值不能太高，脉冲的幅值加上这个尖峰的幅值，一般不能大于 600V；波形的上升之后或下降之后的平顶部分，应当有一个基本平直部分，不能出现类似正弦波的振荡，否则表明开关管的导通或者截止不彻底，在这种状况下，开关管损耗会增大，温度会升高，时间稍长开关管就会过流损坏；这个波形在扫描线起点部分是稳定的，但随着波形的展开，波形却在晃动，这是脉冲宽度调整过程引起的占空比变化。这里说明一点，一般示波器坐标上的方向与习惯相同，既波形的上半部（正半周）为正值，下半部（下半周）为负值，测量开关管集电极脉冲电压时，正半周显示的是开关管截止的时间，负半周是开关管导通的时间，导通时间与波形的整个周期之比叫做占空比，占空比的大小决定了输出功率的大小，开关电源的能量主要是通过开关管导通获取的。开关电源如果能够正常稳压，这个占空比就会变化，因此波形将会产生水平方向晃动，通过这一特征，很快就能知道电源是否处在稳压状态。此时如果降低市电输入电压，导通时间增长，脉冲的负半周时间加大，反之，如果市电电压增高，导通时间减少，脉冲宽度会减少；保持市电电压不变，增加电源的消耗，如增加电视机的亮度或者声音，你会看到负半周导通时间增长；有些电视机采用开关电源本身作为待机电源，你会看到，此时的导通时间更短。这是脉冲宽度调整技术开关电源的显著特征。上述

占空比变化规律是指测量集电极的波形，一些串联形式的开关电源，集电极直接接在市电整流滤波之后，在发射极才能看到波形，此时的波形占空比变化规律刚好相反，正半周是导通，负半周是截止，如日立 NP82C 机芯的电路就是这种方式，如图九 b，并且脉冲幅度比长虹 C2163 电视机要低得多，SR6020 芯片内开关管的承受电压也要低的多。波形的正半周是导通还是截止这样理解，开关管在电路中等效为一个开关，开关接通时，开关两端电平为零，接近地电平，开关断开时，输入电压全部降落在开关两端，接近输入电源电压。不同的开关电源开关管两端的波形会有差别，这与电路结构有关，但是不管怎样，这个波形必须要反映出导通和截止，因此波形的上下平顶部分一定要有平直过程。如长虹 CN5 机型，波形如图九 c，截止经过一段时间之后有一个波动，然后才进入导通状态，这是一种他激式开关电源，芯片为 TEA2261，这种机器开关电源损坏率较高，开关管要求较高，需要采用电流比较大的开关管才能胜任，如 THD215。

对开关电源进行测试，与测试其它电路一样，应根据被测信号的电压和频率，初步选择好垂直输入方式，是交流还是直流输入；垂直衰减倍率 V/div 旋钮置于那个挡位，一般让被测波形在垂直刻度上 6 格左右，格数太多或太少都不适宜观察；扫描时间，根据被测信号频率并换算成时间，使实际显示的波形至少有一个或者几个；触发状态，也要根据信号的特征进行选择，由于触发电平预先难以确定，如果采用等待触发，测试时可能找不到触发点没有波形显示，建议先采用自动方式，待波形显示之后，再将自动方式改为等待触发，适当调节触发电平，获得稳定的波形为止。另外，为了准确读出电压幅度和时间，扫描基线应当通过调节垂直位移和水平位移与屏幕上刻度重合，如果测量的信号是交流信号，扫描基线置于坐标的中间；如果是含有直流成分的信号，扫描基线也可以以此为参考点；这个基线完全可以在整个屏幕上移动，根据测试需要任意设置零电平；如果采用直流输入方式，当信号中含有直流成分时，所显示的幅值是两种信号叠加之后的结果，为了读出信号的相对值，预先确定的零电平基线不可忘记，基线之下为负值，基线之上为正值。开关管集电极脉冲幅值一般在 500V 左右，所以选择 10V/div，加上衰减器的衰减，Y 轴等效输入灵敏度为 100V/div，荧光屏为 8 格，在垂直放大器处于校准状态，最大可显示 800V，实际波形在荧光屏的垂直方向可以显示 5 格左右。如果不需要读出幅值，主要关心的是波形的形状，可以适当调节垂直微调使波形幅度处于最佳状态如 6 格左右，如果需要读出脉冲的幅值，只要将垂直微调置于校准状态，就可以读数。电视机的开关电源振荡频率一般大于行振荡频率，行振荡周期为 64us，选择 10us/div，在扫描时间为校准状态时，一个周期占水平方向刻度的 6.4 格，对于振荡频率再高的开关电源，如果事先不能确定，在上述扫描时间下，改换临近的 5us/div 档级，在不需知道振荡频率时，也可以通过扫描时间微调进行适当调节，使被测波形显示一到两个利于观察就行了。

图九 a 电路中开关管基极波形是在直流输入下测试的，波形中基线为零电平，基线之下为负值，之上为正值，这与万用表测试开关管的基极电压是负值是吻合的，但电压值并不相同，万用表测试的值是波形为正弦波时的值，对于脉冲测试，万用表显示的值是定性的，仅仅能够知道电压的极性和同样波形不同幅值时的差别。由于开关管工作在开关状态，导通时，零电平以上脉冲幅度大于发射结的导通电压才能产生足够的基极电流，截止时，为了减少开关管的存储时间，必需加上负电压，这个负电压幅度也有要求，在满足迅速截止的前提下，幅度不能大于发射结的反向击穿电压，这个电压对于普通的双极性三极管，一般都在 10V 以下。

图九 a 电路中 V812 的基极波形类似锯齿波但又不是锯齿波，取样放大管内阻的变化会使锯齿波的幅度变化，V812 的导通点就在波形的不同斜边处滑动，不同的斜边对应不同的脉冲宽度，从而实现了脉冲宽度调整。读者可以自行分析。

由于开关电源是一个闭环系统，一般不能进行开环检修，如果断开振荡回路，电路无法起振不工作，如果断开控制回路，电路失控输出电压会大大增高。因此，即使采用示波器检修开关电源，也要掌握适当的方法，如降低市电电压就是非常有效的办法。在低电压下，即使控制回路失控，开关电源实际上成了一个脉冲宽度不能调节的自激振荡器，虽然导通的时间增长，甚至变成

了方波振荡器，但由于供电电压较低，整流之后的直流电压不会过高，完全可以满足检查的要求，通过测量波形或者电压，利于判断故障的部位。对于更换元件之后的开关电源，在较低市电电压下，用示波器监视开关管的集电极波形，如果出现脉冲占空比调制状态，即前面所说的波形左右晃动，证明电路处于受控状态，此时适当提高市电电压，将会看到导通时间减少；在低电压下，尖峰脉冲与振荡脉冲的合成幅值会减小，即使尖峰吸收电路有问题，因为幅度小，击穿开关管的几率减少，这往往是采用万用表无法做到的；有些电视机市电整流滤波电容容量减小或者失效，产生一些不明显的故障，用万用表测试时，好像问题不大，如果采用示波器测量电容两端的电源纹波，将会一目了然，实际上测量开关电源的振荡波形也能看出来，振荡波形中往往还有频率很低的干扰，证实的办法就是把扫描速度调到 $2\text{ms}/\text{div}$ ，会清楚的看到。对于电源的纹波测量，垂直输入采用交流输入，扫描时间选 ms/div ，由于一般的纹波不大，加上预先不知道纹波电压的大小，可以先将垂直衰减器置于较大的挡位，显示波形之后再适当调节。

在一些由厚膜电路组成的开关电源中，由于许多电路在原理上差别不大，也可以参照上述方法进行。读者可以找到厚膜电路的关键管脚，通过测试对应的地方来进行操作。近年来，出现了许多他激式芯片组成的稳压电源，这种电路也不能开环检修，但是，完全可以单独为芯片供电之后进行脱机测量，测量芯片的振荡器定时端子看看是否起振，并采用电位器在控制端进行模拟，改变电位器的阻值，测量芯片的驱动输出端，脉冲占空比会随电位器阻值改变而改变。该波形的频率与电路的结构有关，超差过大，应考虑定时元件是否有问题，芯片驱动端子输出的脉冲形状一般比较规则，幅度与提供的电源有关，在驱动端子开路的情况下，幅值接近供电电压。作这种测试时，注意芯片要与开关管等断开连接，在不接通市电的情况下，根据芯片的供电电压采用合适的外接电源，这个电源最好是可调稳压电源，这是因为许多这样的芯片供电电压都有低压和高压门限值，超过这个值芯片将处于保护状态不工作，如 TEA2261,16 脚供电端门限范围为 7.4V 至 15.7V 。当确定芯片正常后，再按照降低市电的办法给开关电源通电，检查相关的电路。在没有示波器的情况下，采用万用表进行这种检查对于一般的修理人员来说，很多时候判断不是那么准确，最后只能通过代换，而代换之后的验证如果采用示波器，相对来说更加简单直观。

2.行扫描电路的检测

图十电路是一个典型的行推动与输出电路，需要测量的地方有行推动管的基极和集电极，行输出管的基极和集电极。在这里，我们可以把它们看着是脉冲功率放大电路，从 N201 的 32 脚输出的行振荡脉冲由于功率很小，不能用来直接推动行输出管因此需要经过推动管的功率放大，产生足够的推动功率，用来使开关管正常工作。行输出变压器作为行输出管的负载，开关管在行推动脉冲的驱动下从电源获得能量，这个能量又被扫描电路中的电感元件储存和交换，用来产生行偏转电流，高压，视频放大器的电源等。由于电压高，电流大，这些元件的工作环境恶劣，损坏率高，对器件本身的质量要求高，如果工作失常，很容易引起元件的连带损坏，甚至对显像管造成威胁。当电视机的行扫描电路不能正常工作时，起码的光栅也难以产生，想通过光栅对电路进行大致判断的条件也没有，如果仅凭一块万用表判断故障，有些时候只是一些假设，这种假设只能采用元件代换的办法去验证。元件拆下装上耗时费力，拆卸不当容易造成电路板的损伤，新的元件替换之后，如果判断失误，像开关管这样的元件在通电瞬间就会再次损坏，这种例子不少见。如果采用示波器进行检查，只要不是电压型击穿，如一般的过流，往往能够赢得时间，根据测试的波形进行分析，从而可以避免一些不必要的损失。

彩色电视机的逆程脉冲电压幅值一般都在千伏左右，示波器必须采用耐压足够的衰减探头，同时探头的衰减比例要与示波器的最大衰减配合，保证在有效屏幕之内显示。SR8 示波器垂直最大衰减为 $20\text{v}/\text{div}$ ，采用 10 比 1 探头可获得 $200\text{v}/\text{div}$ 的量程，校准状态能够测试 1600V 的电压，如果加上垂直微调，可以获得 4000V 的显示，当然这必须是在探头耐压满足的条件下才能实现。笔者采用 SR8 示波器的原配探头可以满足行扫描逆程脉冲的测试，但大多数 10 比 1 的探头不行。有些示波器垂直衰减最大只有 $5\text{v}/\text{div}$ ，当采用 10 比 1 的探头时，在校准状态，最大只能显示 400v

左右，调节垂直微调，假如调节范围为 2.5 倍，能够勉强显示 1000v 左右，不过此时仪器的垂直输入处于非校准状态，如果需要读出准确电压幅值，应预先对刻度进行校准，相对比较麻烦，对于这种情况，还是选用 100 比 1 或者其它比率的衰减探头为好。为了保证一定的精确度，探头在使用前都需要用方波进行校正，否则将会带来误差。

图十中，列举了电路图中四个测试点不同状态下的波形，这些波形笔者在验证的基础上绘制，不同的电视机波形会有一定差别。A1，B1，C1，D1 是电视机正常工作时的波形。A1 近似为方波，中间有尖峰下冲，这是行输出电路工作时逆程脉冲引起的，A2 的波形就证明了这一点，电压幅度为 0.7VP-P，这是三极管的 PN 结效应产生的结果，如果发射结开路，幅度将会增大，反之会减小；B1 与 B2 的波形基本相似，平顶部分有一些波动，但 B2 的波动进入饱和区，这是 T405 次级短路造成引起的；B 点的波形幅度与供电电压有关，脉冲幅度接近电源电压；C1，C2 是行输出管基极的波形，波形中的下冲尖峰与行输出管是否工作有关；行输出管集电极的波形就是常说的逆程脉冲，其幅度一般为供电电压的 8 至 9 倍。当行输出电路出现短路，行管的等效负载会因此减小，导通时的电流增大，行输出回路失谐，逆程脉冲的时间会缩短，逆程脉冲幅度也会减小，通电时间稍长就会损坏行输出管。为了防止逆程电容容量减少造成的逆程脉冲幅度增高，通电前，临时并联一支逆程电容再进行测试，通过观察逆程脉冲幅度或光栅的大小，再改变逆程电容的大小进行调整，改变电容时，不能在通电状态下采用触碰的办法试验，必须断电之后焊接牢靠之后再试验，否则极易损坏行输出管等元件。

有些时候，因为行频频率偏低，行激励脉冲幅度不够，开关管老化等造成行管的损坏，在不能确定具体电路或者元件的情况下，可断开扫描输出电路，单独检查前级电路，测量行频频率和行激励脉冲幅度，在示波器的帮助下，问题很快就能确定。如果问题出在前级，待修好后再接上输出电路，这样可以避免许多损失。断开扫描电路之后，由于行扫描振荡频率不受回扫脉冲的控制，行频频率与标准会有差别，一般较好的电路设计总是偏高，如 TDA8361 之类的芯片，如果偏低首先就要解决这个问题，行频太低对扫描输出电路威胁很大，往往产生高的逆程脉冲。对于像 TA7698AP 这样的芯片，电路中有调节行频频率的可调电阻或定时电容，它们的变质往往会造成频率的变化，因此要引起注意。

3.小信号电路与其他电路的检测

限于篇幅，其他电路的测试以长虹 C2163 机为线索，参看图八 TA 两片机芯电路方框图，图中标注的管脚都可以用示波器测试。早期比较规范的图纸上都标有关键点的波形，不知是什么原因，现在买台新电视机也不配带图图纸，无疑会给维修人员带来难度。不过，如果对电视机工作原理比较熟悉，电视机电路中一些关键波形都有它们的规律，掌握了这些规律，测试判断就不难了。图纸中的波形是按照标准彩条信号发生器产生的信号描绘的，在接收电台信号时，由于信号是随机的，实际测试结果会有差别，操作者要学会鉴别和判断，这是一个基本功，实践多了，就能应用自如。另外需要指出的是，实际测量中见到的波形常常有两种，一种是简单波形，如正弦波，方波，三角波，脉冲波等，这些波形形状单一，一般只要考虑幅值，时间，占空比，上升时间，上冲量等，但对于像电视机中的视频信号之类的复合信号，常常包含有行场同步信号，色度信号，亮度信号等，在选用不同的扫描速度时，显示的形状不一样。其实这些复合信号只是利用时间的差别和电平的差别有机的叠加在一起，如把示波器的扫描速度置于行频扫描时间，可以清楚的观察到行同步脉冲，色度脉冲，亮度信号等，如果扫描时间置于场频，除了上述信号，还可以看到场同步脉冲等。当采用双扫示波器观察时，先采用加亮方式初步确定延迟扫描点，再采用组合扫描方式显示，主扫描显示场，延迟扫描显示行，适当调节延迟倍率，可以同时荧光屏上清楚的看到两种脉冲。由于电路的群时延和电路的非线性，会使不同的信号产生不同的延迟，这种延迟称为相位失真；电路的非线性会使不同信号在幅值叠加之后偏离正常电平差，如果电路的工作点不正常，或者动态范围太小，还会出现限幅失真。群时延的测试在家电维修中应用很少，修理中很少考虑，但幅值失真不能忽视的。如视频信号，由于放大器的工作点不正常，或者动

态范围太小，就会丢失同步信号，同步信号丢失之后会引起很多麻烦，通过示波器的检测，一些故障往往迎刃而解。视频信号中的同步信号虽然是一种脉冲，但在进行放大时必须线性放大，这与脉冲的放大是不同的。

图八电路中，以集成电路为准，将可以测试波形的管脚标出，由于电路故障千变万化，除了测量一些关键点的波形，信号经过的地方都可以通过示波器的测试进行了解。D001, D002, D003 是 CMOS 数字电路，产生的数字信号幅值接近电源电压，这是由 CMOS 数字电路的特点所决定的。有人把 CMOS 数字电路中的脉冲或者电平幅值称作顶天立地，这是一种很恰当的比喻，低电平为地电位，高电平接近供电电压。这种电路自身产生的信号幅值接近供电电压，由外部电路输入的脉冲信号幅度一般也要求在这个范围之内 [直流控制信号也是脉冲，仅仅是变化很慢的随机信号]，不允许超过。由具体电路不难看出，这种电路中往往加有钳位二极管，二极管的阳极接电源正端，阴极与信号输入端连接，当有高于电源电压的脉冲信号出现时，脉冲幅度通过二极管钳制在电源电压范围之内。在 D001, D002, D003 中，时钟振荡，字符振荡电路的波形接近正弦波，其他地方的波形都为占空比不同的脉冲。CPU 电路中的某些脉冲占空比很大，都是一些极窄的脉冲，如存储器的片选信号在操作时才出现，脉冲极窄，测试时应适当增加仪器的亮度，选择好扫描速度。如果采用慢扫描示波器可以清晰的显示，有些示波器具有单次扫描功能，采用这种方法也可以获得较好的效果。对于电压合成式的微处理器，模拟量控制端都是 PWM 信号，即脉冲宽度控制信号，其占空比与控制量有关，调节电视机的控制按钮，就会看到脉冲的占空比变化。有些脉冲是脉冲串，如字符脉冲，在电视机屏幕上出现字符时才有脉冲出现，其多少与字符的多少有关。数字电路中的脉冲波形相对比较单一，一般只要观察幅度，这种电路中的脉冲占空比会随着电路工作不同而不同，脉冲频率与芯片的时钟有关，但对于像遥控器发射的编码脉冲，因为晶振损坏或者其他原因造成不能正常工作，一些常规的判断方法往往难以奏效，普通示波器观察也难以看清楚脉冲细节，采用慢扫描或者具有存储功能的示波器一般可以看清楚。

N101 电路中，中频信号由于工作频率较高，信号较小，普通的示波器测试有一定的困难，一般只测量 N101 输出的视频信号与 6.5 兆周的信号。第二伴音中频信号是 6.5MHz 的调频信号，但信号的幅值较小，示波器可用来测试信号幅度，但对频率的准确测量由于示波器精度的限制一般不能做到，由于电视机的特点，不需要测量这个信号的频率。但对于多制式伴音电路的区别，还是容易区分的，因为制式之间存在着 0.5 兆周的频率差别。对于音频信号的测试，由于实际电视信号中的音频信号幅度和频率是随时间变化的，显示的波形也会变化，但这并不影响测量，观察信号的振幅是否限幅，信号波形的对称性，常常会提供一些有价值的信息。在信号较小的情况下，不允许出现单边削顶现象，如果是放大器，往往是工作点不正常，对于调频解调器，一般是调频解调器谐振频率不正确所致；对于较大的信号，线性动态范围有多少，如功率放大器，在波形刚刚进入限幅之前，测出电压幅度，经过简单的计算就能知道。对于音频功率放大器，有时候需要了解其输出功率大小，采用示波器监视波形，测出波形刚刚进入限幅之前的电压值，采用下式就可以求出：
$$[(示波器测试幅值 \div 2.828) \times (示波器测试幅值 \div 2.828)] \div 喇叭阻抗 = 输出功率$$
这在检修音频功率放大器时常常要用到，在波形不限幅时，计算出来的功率才可以认为是不失真功率。如果用专门的低频信号发生器测量，效果会更好，还可以测量不同频率时的功率，粗略了解电路的频率响应。当然，对于低频功率放大器，由于输出电压较大，采用万用表的交流档就可以测出输出电压。

N201 的测试点比较多，根据电路功能可以分成色度，亮度，行扫描，场扫描几个部分，示波器在这里的测试首先就是用来对信号进行寻迹。视频信号进入该电路后，经过放大和分离，从中提取出色度，亮度，同步信号，顺着信号的流程进行寻迹，会给检修带来很大方便，这往往是万用表做不到的。实际检修时并不需要逐点测试，根据电路的信号流程，有目的检测相关电路。测量时，如果发现信号丢失，幅度异常，波形走样，这往往是测试点之前或者之后的电路异常造成，这些电路是什么样的电路，这些电路要完成什么任务，这个电路又是怎样去完成的，这都需

要尽量弄清楚，弄得越清楚，就有可能迅速的确定故障诱因，假如不清楚，总比采用万用表来的直观，至少可以确定故障的大致部位。不过，示波器的测试如果仅限于此，其使用价值就大打折扣。我们不可能把各种电器电路中的波形一一列出标准，也不可能把测试的波形拿来与这种标准进行比对，但至少搞清楚一些基本波形的特征，基本电路对这些信号的响应，这是采用仪器进行修理或者电路实验不可少的。其实这些并不难，如果你用万用表去判断一支三极管的工作状态，当你熟习三极管的电流分配规律，电路的电压规律，你会根据测量的基极，集电极等电压经过简单的估算就能确定。实际上，直流电压也是一种信号，也能采用示波器测量，在这里，姑且把它与示波器测试的波形信号分开看。还是以长虹 C2163 电视机为例来说明，N201 的 39 脚信号来自于 N101 的 15 脚，是正极性视频信号，经内部反向放大器放大 1.5 倍左右，输出的是负极性的视频信号，此时同步信号极性为正，一路到 37 脚内部的同步分离电路。视频信号的极性在这里是十分重要的，因为 37 脚内的电路只有正极性的同步信号才能正常工作。40 脚到 5 脚中间插进了一个带通滤波器，利用滤波器的频率选择性只允许 4.43MHz 的信号进入 5 脚，这个滤波器的参数决定了 40 脚信号到 5 脚的信号波形，如果滤波器不良，5 脚的波形就会走样。视频信号的极性反向是由反向放大器实现的，色信号的提取是用带通滤波器完成的，反向放大器与带通滤波器的属性决定了信号激励之后的结果，这就是电路对信号的响应。依此类推，信号在电路中的传输，处理或变换中，如线性放大，仅仅是幅值增大；如果是反向放大器，相位反向，但信号的变化规律不能变，即波形不能变，如果变了，上下峰值出现削顶，不是信号输入太大，就是该放大器的工作点不正常或者动态范围太小；电视机中同步信号的分离，实际上是一种幅度分离，利用视频信号中同步信号幅度最高这一特点，适当的选择同步电路的导通门限电压，低于同步信号的其他信号对电路不起作用，只有同步信号到来时，电路才翻转，输出一个同步信号的脉冲。上面所说的色带通滤波器电路，实际上是一种频率分离电路，这种频率分离电路在电视机中采用的较多，虽然采用扫频仪，频谱仪可能更加方便，但在许多场合，像视频信号之类的复合信号，采用示波器也能确定。电视机中还有大量的 RC、RLC 电路，信号在激励这些电路时，由于电路中惰性元件的作用，如容性元件或容性电路两端，不可能有脉冲前沿的上冲，而感性元件或者感性电路，恰恰相反，这种电路对信号的响应用示波器测量表现的是波形形状变化。图八电路中列举的波形是以 TA7698 为基础的，不同的芯片虽然会有差别，但具有一定的规律，如相同部位波形的形状基本差不多，幅值差别也不会很大，如行扫描逆程脉冲，除了幅度与供电电压有关，形状是一样的，场输出脉冲也是这样，还有如末级视频信号放大器等，读者可以在不同的机型中测试试验，进行一些比较，掌握这些规律。

图八电路中还有许多测试点，这里就不一一列举了，初学者可参考图中的波形或其他资料，逐一进行测试理解。在掌握示波器的基本测试方法之后，不能只停留在把实测波形与图纸中的波形进行比对，更应该学会读懂波形，分析波形，这样才能准确快捷的找到故障原因。因此，学会使用示波器，还需要花一定时间学习电路基础知识，进行一些实验。

在电子电路的所有领域，示波器是一种通用仪器，家电维修人员使用它，除了检修电视机，对于其它电器设备的试验与检修，操作测试原理都是一样的。随着科学技术的不断发展，各种新型示波器层出不穷，采用处理微处理器的仪器也在不断普及，功能更加强大，体积更加减小，示波器万用表就是典型的例子。面对家用电器的高科技，家电维修人员应当改变传统观点，一支万用表打遍天下，靠元件的代换进行维修会遇到很大的难题，除了加深自己对新技术的学习，改进操作方式也势在必行，其中使用仪器进行检测故障，提高判断故障的准确率，会大大提高效益。作为上门维修人员，虽然从某种意义上讲是跟上了潮流，但如果不从根本上想办法，跟上潮流也只是一形式，如果配备一台小型示波器，定会给维修带来意想不到的好处！

