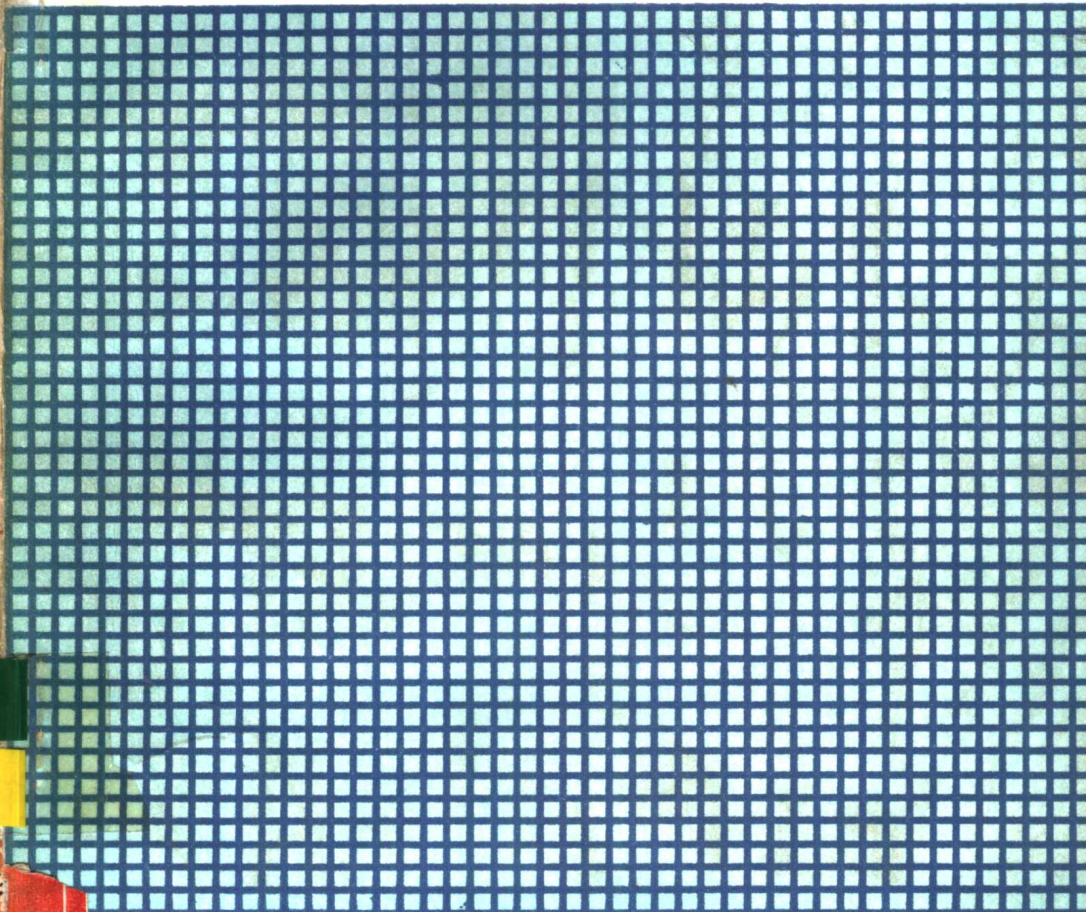


用示波器检测 收音机和电视机

[英] 戈登·金 著

康丽曾 林 泳译 张凤超 校



人 民 邮 电 出 版 社

用示波器检测收音机和电视机

【英】戈登 J. 金 著

唐熙曾 林 泳 译

张 凤 超 校

人 民 邮 电 出 版 社

Servicing with the Oscilloscope
A guide to testing, adjustment and
fault location in radio, television
and audio equipment
1976 年版
Gordon J King

内 容 提 要

本书是一本利用示波器检测电视机、收音机、录音机和其他音频设备的实用读物。它的特点是给出了许多直接摄自示波器荧光屏的照片，并说明了拍摄条件。

本书先从实践角度出发，简单讲述了示波器在调试和维修收音机、黑白与彩色电视机以及其他音频设备方面的应用，然后通过照片示出正常设备和故障设备中测得的波形，并分析了故障原因。本书有相当的篇幅是以电子管电路为例来说明各被测点的波形，也有用晶体管电路和集成电路为例的。本书可供调试和维修有关设备和人员及无线电爱好者参考。

用示波器检测收音机和电视机

Yong Shibogji Jiance Shouyinji he Dianshiji

[英] 戈登 J. 金 著

唐熙曾 林 泳 译

张凤超 校

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

顺义兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

开本: 850×1168 1/32 1985年2月第一版
印张: 6 28/32 页数: 110 1985年2月北京第一次印刷
字数: 179 千字 印数: 1—35,000 册
统一书号: 15045·总2949-无6303
定价: 1.05元

前 言

毫无疑问，示波器是一种极为通用的测量和诊断仪器，它不仅能够轻而易举地完成通常由各种类似仪器承担的许多任务，而且能同时揭示被测信号的精确特性。在示波器的放大器和时基的工作范围内，我们可获得从直流到高频输入信号的大部分信息；可比较和测量重复信号的相位、时间和频率；在配用扫频振荡器时，可描绘出调谐电路和放大器的响应特性曲线。示波器可完成这么多工作，确实需要专门写一本书予以介绍。

本书中，笔者的目的是要说明，在收音机、电视机、音频设备以至立体声收音机和彩色电视机电路的维修与故障检测方面，示波器是一种有价值的工具。笔者力图从实践的角度阐明示波器的基本应用。插图中包括摄自荧光屏的许多照片，这些照片显示出示波器在正常设备和故障设备中测得的波形。而在有关电视的各章内，波形图中还增补了摄自荧光屏的电视机故障波形照片。全部照片都在时逾数年的设计、研究和实验中摄于笔者的实验室内。由于这些照片都是真实的显示波形，它可以引导读者直接与示波管荧光屏打交道。

随着彩色电视机的发展，示波器在电视机维修方面正在起着比过去更重要的作用。因为与黑白电视机和收音机相比，彩色电视机要接收大量更复杂的信号，且许多彩色电视机采用了组件，需要在不取下组件的情况下象X光那样检查各个部位，以发现造成某一故障的组件。只有示波器才能象X光那样检查各个电路，并将异常的信号显示出来。

在高保真度放大器、磁带录音机和其它各种音频设备进行质量检验和故障检测时，示波器(配用一台音频正弦波—矩形波发生器)

是必不可少的。本书中有一章专门就此进行讨论。

在更新本书内容方面，笔者不仅增添了有关示波器本身的更多的知识，详述了它的一些最新特点，且扩充了论述应用的若干章节，特别是有关测试与测量音频设备和彩色电视机的章节。初版中某些摄自荧光屏的波形图已为新图所替代，且在许多章节中增补了一些显示波形的照片，用以揭示有关示波器测试的若干不为人知的奥秘。

本书在内容上侧重于测试和测量方面，且人们会发现，本书对检验电子设备各项指标的技术人员也有价值。通常，在设备维修完毕后，需检验其各项参数是否符合厂家的技术规范。毫无疑问，在这一方面及其它许多方面，示波器是一种极为需要的工具。没有示波器几乎不可能进行现代的维修和测试工作。

书中给出的大部分波形图是采用即显型示波器照相机或 35 mm 胶片直接在笔者私人测试实验室中所用的示波器荧光屏上拍摄的，拍摄详情在相应的正文中说明。

戈登 J. 金

译 者 序

本书是一本利用示波器检测电视机、收音机、录音机和其它音频设备的实用读物。众所周知,示波器不仅能显示被测信号的波形,且可用来显示幅频特性、相频特性及其它以垂直坐标系统表示的任何曲线。因而,用示波器检测任何设备的工作状态和性能,既直观又方便。作为民用电子设备的电视机、录音机等调试与检测工作也同样离不开示波器。

本书的特点在于它给出了许多直接摄自示波器荧光屏的照片,并说明了它们的拍摄条件。这些照片对调试或维修有关设备的人员来说是很宝贵的资料,可供维修时借鉴和参考。

本书从实践角度出发,讲述了示波器在调试和维修收音机、立体声收录机、黑白与彩色电视机以及其它音频设备方面的应用,但对被测设备的工作原理则未作详述,读者可从其它有关书籍了解这方面的知识。

原书《Servicing with the Oscilloscope》初版于1965年,本书系按1976年第二版译出的。书中有相当篇幅是以电子管电路为例来说明各被测点的波形。它们虽然与以晶体管或集成电路构成的电路所具有的波形不尽相同,但仍有参考价值。在第二版中,作者补充了许多关于晶体管电路和集成电路的内容,并增添了立体声收录机和彩色电视机等有关章节,给出了相应的示波图。

全书虽涉及面很广,但内容简明易懂,图例丰富实用。我们不揣浅陋将其译出,希能对从事这方面工作的读者有所帮助。

DAL 100/15

目 录

第一章	示波器概述·····	1
第二章	示波器的应用·····	24
第三章	视频波形·····	34
第四章	同步波形·····	50
第五章	时基波形·····	69
第六章	电视机交流声、失真与响应的测试·····	106
第七章	目视调试技术·····	119
第八章	彩色电视机的波形·····	137
第九章	立体声收音机的波形·····	163
第十章	音频设备的测试·····	175

第一章 示波器概述

电视机、收音机和音频电路中的信号是电流和电压，它们具有幅度、频率和独特的“形状”。不论在接收部分还是在时基部分，这些信号都是重复变化着的。示波器将这些电气特性转换成可见符号：它取得完整的一系列“瞬时”变化（一小段时间），并以图形的形式展示在我们面前。用更技术性的术语来说，示波器具有捕获、显示和分析时域波形的能力。

虽有能测信号幅度和频率的其它仪器，但短余辉示波器是唯一还能显示信号变化率的仪器，特别是可显示出表明信号特殊特征——“形状”——的变化。通过显示短时间内电气上所发生的情况，示波器实际上象X光那样检查了电路，从而避免了诊断工作中的主观臆测。

示波器利用的是示波管中电子束的静电偏转（不是电视机中采用的磁偏转），这意味着实质上示波器所指示的是电位（电压）变化。然而利用使电路中的电流在电阻器两端产生电压的方法，可获得作用于示波器的电压，且这一电压会象电流本身一样变化。有时，这个电压可从已在电路中的电阻器上取得，否则为了上述目的可插入一个电阻器。应注意选用较低的阻值，以免过多地干扰电路的正常工作。

由于示波器的示波管是用电压工作的，所以其本身为一种阻抗很高的器件。直接输入到偏转板上时，测得的阻抗为兆欧级，并带有很小的并联和（或）串联电容。

用于观测高频信号时，并联电容必须很小，以避免信号衰减和波形失真。在低频应用时，接入的串联电容（用于隔直流）不应太小。当然，在直流测试时，这种电容器应短接。

简单的应用

在最简单的应用中，示波器象一只高阻电压表。通常，在装于荧光屏前的透明刻度即坐标片的映衬下，光点在荧光屏上作垂直偏转，偏转量与所加电压在偏转板间产生的静电场强度成正比。这些用于垂直偏转的偏转板（其本身实际上是水平的）叫作Y偏转板。

电子束的偏转一般是线性的，其偏转量与加在偏转板上的电压差值成正比。在Y偏转板上加有直流电压的情况下，电子束形成的光点在荧光屏上向上或向下移动（因输入极性而异）到某一“偏离中心”的位置，并停留在该位置上。在Y偏转板上加有交流电压的情况下，光点在两个半周的峰值电压间上下移动，“描绘”出一条直线，从而指示出峰-峰值，如图 1-1 所示。

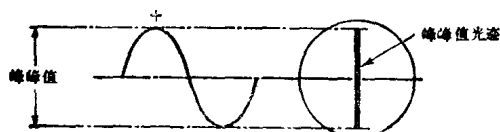


图 1-1 在交变的Y输入情况下，光点上下移动，显示出一条垂线

偏转因数或灵敏度因数 (F_s) 取决于示波管的各项参数，如：偏转板一端与荧光屏间的距离 (d_1)、偏转板全长 (P_1)、偏转板表面间的距离 (d_2) 及电子束的电位 (V_K)。由于偏转 (D) 直接与偏转电压差 (即 $V_1 - V_2$) 成正比，所以，灵敏度因数可表示为：

$$F_s = \frac{V_1 - V_2}{D} = \frac{K V_K d_2}{P_1 d_1}$$

式中， K 为常数，它与电子束的后加速电场有关。

Y 放大器

由于示波管的灵敏度实质上很低，所以在显示信号时，常需将信号放大后再加至Y偏转板上。带有增益控制器（即放大器的衰减器）的放大器装在示波器输入端与Y偏转板之间。灵敏度以“伏/厘米”（V/cm）或“伏/格”（V/div）表示。荧光屏前的坐标片上具有用于测量垂直偏转的相应刻度。

为了适应信号电压的适当范围，需装置Y放大器衰减控制器。控制器可以是旋转开关，也可以是连续控制器，或者是它们两者。在Y放大器的最大频宽范围内，Y信号电压范围的基本要求通常从约300 V/cm（取决于Y放大器）到100 mV/cm以下。对于包括低电平音频工作和彩色电视机维修在内的若干应用来说，甚至需要更高的灵敏度，如10 mV/cm或更小。有些Y放大器装有增加灵敏度的开关，可将主衰减器所确定的灵敏度提高10和100倍。但在最高灵敏度档级，Y放大器的带宽往往相应变窄，这在测快速瞬变信号时应予注意。

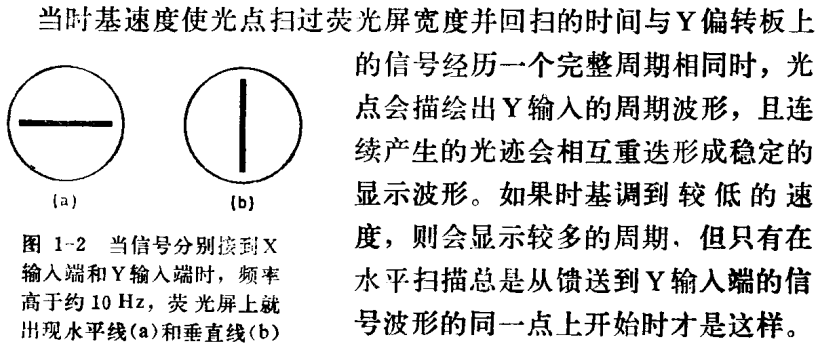
以类似的方法将电压加到示波管的另一对偏转板上，就可获得水平偏转，即X轴偏转。

时 基

显示电视波形时，通常需将示波器中的时基（锯齿波发生器和放大器）接到X偏转板上。这样会使光点以预定的速度由荧光屏左侧向右侧作线性偏转，随即迅速返回，接着开始扫出下一条光迹。在回扫期间，许多示波器将光点消隐（截止偏置），对某些应用来说，这是一个合乎需要的特点。

时基重复频率高于约10 Hz时，光点变为一条线，这是荧光屏的余辉和视觉暂留效应造成的。同样，高于约10 Hz的信号接到Y

输入端上,会产生一条垂直线(见图 1-2)。



当时基速度使光点扫过荧光屏宽度并回扫的时间与 Y 偏转板上的信号经历一个完整周期相同时,光点会描绘出 Y 输入的周期波形,且连续产生的光迹会相互重迭形成稳定的显示波形。如果时基调到较低的速度,则会显示较多的周期,但只有在水平扫描总是从馈送到 Y 输入端的信号波形的同一点上开始时才是这样。也就是说,信号频率必须是时基频率

的整数倍。

当时基周期不等于一个信号周期,或在时基扫描期间信号重复次数不是整数时,光迹不会相互重迭,并会在荧光屏上造成混乱。

过去,各种示波器的时基常用重复频率校准,而现在的趋势是采用“扫描速度”校准。这种方法给出光点在荧光屏上扫描一厘米所需的时间。以普通时基频率扫描这样短的偏转距离,只需微秒级或毫秒级的时间。因此速度控制器以 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 和 ms/cm 校准。适于电视机检测的扫描范围约为 $100\text{ ms}/\text{cm}\sim 1\text{ }\mu\text{s}/\text{cm}$,共有 10 个转换档级。除了档级开关外,有些示波器还备有“扫描微调”控制器,它由可变电位器构成,用于对选定的扫描速度作细微调节。

50 Hz 市电电源的周期为 20 ms。在时基调到以 20 ms 扫描荧光屏时,就会显示出一个完整的 50 Hz 正弦波。假如荧光屏的直径为 6 cm,扫描控制器就需调到 $3.3\text{ ms}/\text{cm}$ 左右。实际上由于示波器的同步作用,光迹两端被切除,因而总是使扫描工作于至少显示两个周期(一个完整的和另一接近完整的)。

示波器究竟是显示两个还是两个以上的波形,取决于被测信号的频率和示波器的最快扫速。最快扫速为 $1\text{ }\mu\text{s}/\text{cm}$ 的示波器,可在 X 轴的每一厘米上扫描出一个完整的 1 MHz 波形,在 6 cm 的荧光屏上将显示六个波形(即五个完整的波形和一个接近完整的波形)。

以秒计算的信号一周所需的时间为频率的倒数，2 Hz 的信号需要半秒（500 ms），10 Hz 的信号需要 100 ms，等等。以 ms 或 μs 计算的时间分别由 1000 或 1000000 除以信号频率（Hz）而得到。

我们往往认为速度和频率是同义的，但事实上也与幅度有关。一台示波器的 X 时基频率可保持为常数，但却可增大其偏转幅度（光点不得不移动更快），直到大部分电子束移动已不起作用，只有一部分扫描出现在荧光屏上。

水平增益

某些示波器备有水平放大，即所谓水平扩展功能。在电视机测试中，这是一种有用的特点。这一功能是通过 X 放大器和增益控制器的结合来实现的。这种电路用以产生相对于荧光屏中心的对称扩展。X 移位控制器可使光迹上所需的任一部分显示在荧光屏上。典型的示波器可扩展十倍以上，相当于 50 cm 或更长的光迹长度。

图 1-3 (a) 中示出了“噪声”的示波图（直接取自示波器荧光屏

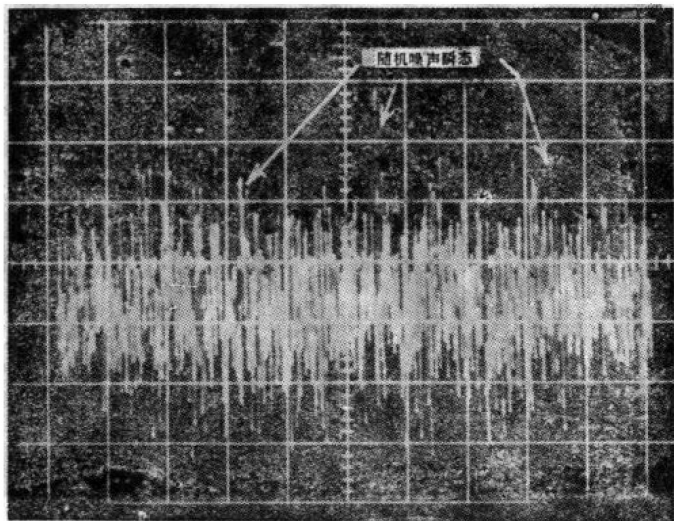


图 1-3(a) 示波器的噪声信号显示

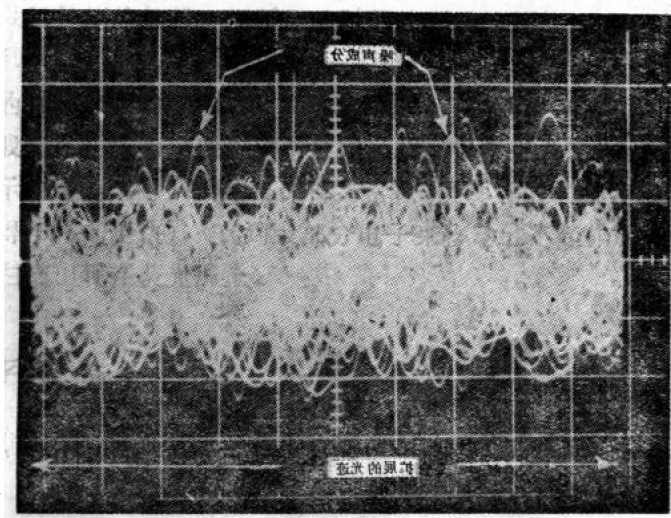


图 1-3(d) 磁光曲线显示磁光曲线

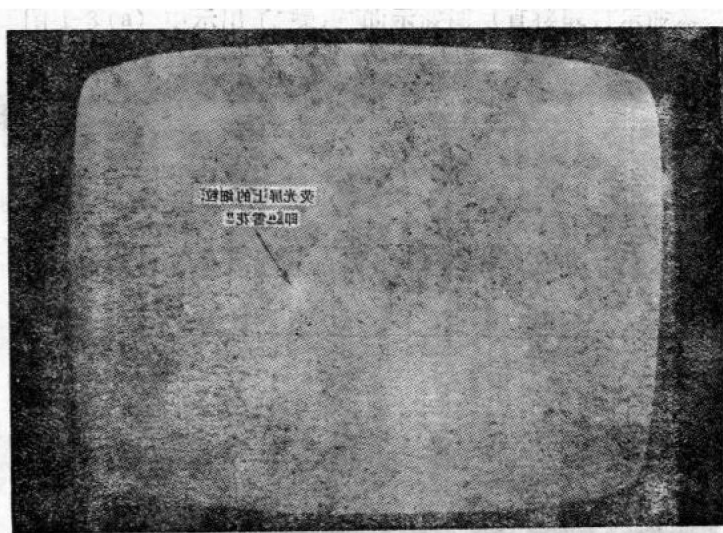


图 1-3(c) 磁光曲线显示磁光曲线

的照片，即波形)，(b)是经扩展的类似信号。注意扩展是如何展宽各噪声成分并导致混乱的。然而，值得注意的是，(a)为单次扫描（单次显示波形）的照片，(b)为时基处于重复工作方式时的照片。电视机荧光屏上的噪声示于(c)中。

随着扫速的增加，光迹的亮度降低——至少在许多用于维修的示波器中是这样。在价格昂贵的示波器中，则备有在提高扫速时加亮光点的部件。电视机维修工作中往往需要高速扫描，因而所选用的示波器应能以最快扫速在普通白昼光线下显示出清晰可见的光迹。当然应预期到在水平扩展和最快扫速时，亮度会降低。

带 宽

只有在时基为线性且组成信号波形的全部频率成分均经Y通道同样处理时，才能显示出信号波形的真实形状。这说明Y通道的带宽很重要。

Y放大器必须具有足够的增益以提供所需的灵敏度，且具有超过实际应用所需的频率范围。例如，假定示波器只需监视50 Hz~100 KHz的正弦波信号，则Y带宽不需要超过100 KHz。在精确测量波形幅度时，则需要Y通道在50 Hz~100 KHz范围内响应平坦。在50 Hz以下和100 KHz以上仍会有些响应，但增益降低。在这样的示波器上，几乎肯定可显示150 KHz的正弦波，但不可能借助Y衰减器精确测量其幅度。不过，正弦波不会失真，且若放大器在150 KHz时的有效增益为已知时，信号幅度也可估计出来。

对上述Y通道和一个复杂波形来说，情况就不同。如果信号是矩形波，且假定重复频率为50 KHz，人们可能以为用带宽100 KHz的Y通道处理这一信号不会有问题。但实际上光迹会失真。这是因为矩形波和大部分复杂的波形一样，其特殊形状是由许多从与矩形波频率相同的基波频率开始的正弦波混合而成。如果要保持波形，矩形波应含有相当于基波频率的正弦波成分和直到高阶的奇次谐

波，即对应于 $Af_1 + Af_3/3 + Af_5/5 + Af_7/7 + \dots$ ，式中， f 为频率， A 为幅度。当然，理想的矩形波（由最小幅度变到最大幅度和由最大幅度变到最小幅度的时间均为零）是不存在的。不过这表明重复频率和信号占有的频带可以是两种不同的事。

一般来说，除纯粹的正弦波外，在处理任何其它信号时，Y 放大器应能通过频率至少十倍于基频或重复频率的信号而无放大量损失。所以，为了获得 50 KHz 矩形波的真实显示波形，示波器的 Y 通道应至少具有 500 KHz 的平坦带宽。如图 1-4(a) 所示，矩形波拐角处相当大的圆弧是由于它通过带宽有限的通道而引起的。这是因为高阶正弦波的谐波成分消失或衰减所致。

电视机时基中遇到的最高重复频率是 15625 Hz（625 行标准的行频），因此，用于显示电视机时基波形的 Y 通道带宽的平坦部分至少应达到 160 KHz 左右。当然，在该频率处响应不会突然下降为零，且几乎可肯定，直到 500 KHz 左右仍会有有效增益。

获得电视图象信号成分的显示有时是有益的。有些显示具有矩形波性质，即为瞬态脉冲，且要求带宽至少等于电视机视频放大器的带宽（比方说，达到 5 MHz）。

用于维修彩色电视机的示波器，通常需要较宽的 Y 带宽，它不仅要适应副载波信号和视频信号，且要保证快速脉冲和瞬态信号的最大清晰度而又失真最小。一般认为，在所需的 Y 灵敏度上，Y 放大器的带宽至少应为 10 MHz 左右。对于音频应用来说，当用矩形波和信号脉冲进行瞬态测试时，Y 带宽应远大于其上限音频频率。

上升时间

放大器处理复杂信号和瞬态信号的优劣程度，取决于其对输入信号幅度突然变化的快速响应程度，也就是上升时间。对于任一有源或无源传输网络来说，上升时间通常定义为：当理想的阶跃波（即上升时间为零的输入信号）加到输入端时，输出电压由其终值的

10%上升到90%的时间。大部分示波器的脉冲失真很小，脉冲上升失真不超过约2%。这时带宽 B 和上升时间 T_r 的关系如下：

$$B = \frac{K}{T_r}$$

式中， K 是常数，由响应特性决定。当频率响应形似 $e^{-\omega^2}$ 和脉冲响应形似 e^{-t^2} （即，-3 dB 频率近似地相当于-12 dB 频率的一半时）的所谓“高斯滤波器”特性时， K 取 3.5。不过，这常数取决于下降特性的精确性质，可在约 0.3~0.5 间改变。

通常， $K = 0.35$ 适用于 Y 放大器。这意味着 10 MHz 的示波器，其上升时间一般为 35 ns ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$)。应当指出，就上面给出的公式而言，上升时间的单位是秒，带宽（相当于-3 dB 上限频率点）的单位是赫。

因此，用于彩色电视机测试的示波器，其上升时间应在 50~20 ns 左右。上升时间较慢而带宽较窄的示波器适合某些应用，但在观察瞬态信号时，上升时间越短越好。

为了测量上升时间，图 1-4 (a) 中的矩形波响应在荧光屏上以坐标片刻度为基准进行调节。图中，扫描为 $10 \mu\text{s}/\text{格}$ （水平轴），幅

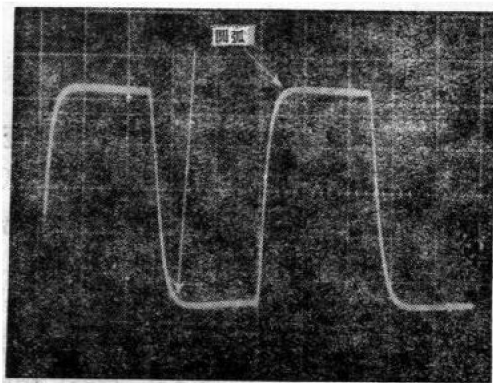


图 1-4(a) 当放大器或网络的带宽有限时，由于高次谐波衰减，矩形波拐角处产生圆弧。此显示波形用来说明上升时间的测量。扫描是 $10 \mu\text{s}/\text{格}$ ，所以，幅度的 10%~90% 间的时间约为 $4 \mu\text{s}$ ，这就是上升时间。此显示波形的重复频率是 20 KHz

度调到矩形波占满十个半格。这样可看出，在幅度的 10%~90% 间的时间约相当于 $4 \mu\text{s}$ ，这就是该特定显示波形的上升时间。

这是将上升时间很小的矩形波通过放大器后取得的，所用的示

波器带宽为 25 MHz (即 14 ns)。由于这一原因以及矩形波 (来自发生器) 的上升时间小于 100 ns 这一事实, 显示波形相当精确地给出了被测放大器的上升时间值。不过, 当信号上升时间与示波器上升时间相近时, 需依据下式加以校正:

$$T_d = \sqrt{(T_s^2 + T_0^2)}$$

式中, T_d 是所显示波形的上升时间, T_s 是信号上升时间, T_0 是示波器上升时间。将上式整理后, 得

$$T_s = \sqrt{(T_d^2 - T_0^2)}$$

在较多网络级联连接时, 组合的上升时间 (T_c) 由下式求出

$$T_c = \sqrt{(T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + \dots)}$$

式中, T_1 、 T_2 、 $T_3 \dots$ 是各网络的上升时间。

低 频 响 应

Y 通道的低频响应对精确显示低重复频率信号波形是重要的。图 1-4 (b) 示出矩形波输入因 Y 放大器低频响应有限而失真的状况。不过, 在正常情况下, 大多数示波器的低频特性是以处理 50 Hz 场重复频率而不致有过大的失真。

当 Y 放大器在扫频振荡器配合下工作, 用于调谐电路和带阻滤波器的目视调整时, 需要较好的低频响应。

有些示波器的 Y 带宽取决于灵敏度增益的档级。在最高灵敏度档级时, 带宽显著窄于灵敏度较低时。这类示波器通常适用于电视机维修工作, 因为视频通道需要相当宽的 Y 带宽, 而其信号幅度则应足以使降低增益的 Y 通道工作。

为了获得无失真的满偏转, Y 放大器应供给足够的输出。有时, Y 放大器可能过载, 结果得到一个顶部或底部或两者均变平的显示波形 (图 1-5)。通常, Y 放大器的设计保证有充分余量, 即使在垂直满偏转时, 输出也无失真, 但还是检查一下为好。