

图解示波器使用方法 与应用技巧

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

· 内 容 简 介 ·

本书全面系统的介绍了示波器的基本结构、工作原理，以及在电子产品的科研、生产、调试和维修工作中示波器的操作使用方法，重点介绍了示波器的基本结构、工作原理、各种键钮的功能、应用实例以及在维修电子产品中的使用方法。本书还系统的介绍了示波器在各种信号测量中的应用方法和调整技巧。特别对示波器在音频、视频设备检修中的应用进行了详细的介绍。它采用图解的方法，用实物照片、设备连接图、内部电路结构图、方框图、信号波形图来说明信号的测量方法和示波器的应用技巧，简洁明了，通俗易懂，是一本有关示波器的实用手册和信号检测的应用指南。

本书适合从事电子产品的科研、生产、调试和维修的技术人员，以及大专院校的师生及业余爱好者。

图书在版编目 (CIP) 数据

图解示波器使用方法与应用技巧/韩广兴主编. —北京: 中国电力出版社, 2007

ISBN 978-7-5083-4572-7

I. 图… II. 韩… III. 示波器—图解 IV. TM935.3
—64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 080363 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.875 印张 247 千字

印数 0001—4000 册 定价 18.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

在电子产品的研发、调试和维修工作中，常常需要对各种电路进行检测，不同的产品、不同的电路需要许多电子测量仪表，示波器（Oscilloscope）是一种最常用的测试仪表。

示波器是测量信号波形的专用仪器，除了用于观测信号波形外，还能测量信号的电压、电流、频率、相位差、失真度等，此外还有很多其他的功能。因此，正确掌握示波器的使用，能够为科研、生产调试及维修工作带来高效率。

目前，数字技术已经应用到各个领域，例如家庭影院系统、激光唱机、影碟机、数字电视、数字摄录像机等家用电子产品，其性能不断提高，功能不断增强，电脑、激光打印机、扫描仪、数码相机、复印机、传真机等办公自动化产品更是离不开数字技术。如今，这些产品正以极快的速度进入人们生活之中，成为工作、娱乐、智力开发和社会生活中不可缺少的信息处理工具。数字产品的大量上市，也给维修和售后服务提出了许多新的课题。数字产品问世之后，过去在维修行业只凭一只万用表进行电子产品的调试与维修已经行不通了。因为很多数字电路的故障用万用表已经无法检测，必须用示波器对整机和电路进行信号的检测和分析，才能判断故障。示波器的使用可以大大提高检修效率，并可以使维修人员快速准确地判断故障。

过去我们在中国教育电视台播讲家电维修技术电视讲座的课程中，介绍过示波器等仪表的使用方法，引起了很多观众对常用电子仪表的兴趣，纷纷来电、来信咨询示波器等仪表的使用方法。为了满足广大读者的要求，我们重新编写了这本书。

本书从实用的角度出发，重点介绍了常用的电子仪表——示波器的基本结构、工作原理、使用方法和检测技巧等。书中重点

以实际产品和各种信号的检测为例，介绍了示波器在音响设备、电视机、影碟机等产品的维修、调试和检修中的使用方法。本书将一些难于用语言和文字表达的实操技能采用图解的方式表现出来，对示波器的实际使用技巧和信号测量方法，用实物照片、电路图、方框图、示意图、波形图、连接图等图示的方式讲解，简洁明了。

本书由韩广兴主编，韩雪涛、吴瑛任副主编，参加本书编写的还有张湘萍、孙莹、刘贞观、孙承满、韩雪冬、边嘉新、金磊、马亮、周丹、孟雪梅、孟宇宁等。

由于电子技术发展迅速，并且示波器品种繁多，因篇幅有限不能一一介绍。为满足读者需要我们制作了《示波器使用方法与技巧》VCD教学光盘（4盘），光盘中以典型的示波器为例演示示波器的操作和使用方法。读者在实际工作中如有技术问题，可直接与作者联系（邮编：300384，地址：天津市南开区华苑产业园天发科技园8—1—401，咨询电话：022—83718162）。

作者

2006.12

目 录

前言

第 1 章 示波器的种类和特点	1
1.1 示波器的种类及应用	1
1.2 常用示波器的特性	3
1.2.1 单踪示波器的功能和特点	3
1.2.2 双踪示波器的功能和特点	5
1.2.3 具有游标和运算功能的示波器	7
第 2 章 示波器的基本功能	8
2.1 示波管的工作原理	8
2.1.1 电子束与偏转	9
2.1.2 示波管的结构	11
2.2 示波器的基本结构和波形显示原理	12
2.2.1 示波器的电路方框图	12
2.2.2 测量信号与扫描锯齿波	13
2.2.3 显示波形的稳定条件	14
2.2.4 示波器的同步	15
2.2.5 强制同步方式	16
2.2.6 同步示波器	19
2.3 示波器键钮的标记和功能	20
2.3.1 示波器前面板的键钮部位	20
2.3.2 示波器各键钮的功能	22
2.3.3 示波器的操作键钮	34
第 3 章 示波器的使用方法	39
3.1 示波器使用前的检查	39

3.1.1	示波器使用前的设置和调整	40
3.1.2	示波器的开机及调整	41
3.2	示波器的基本操作方法	42
3.2.1	双踪示波器的键钮功能	42
3.2.2	初次使用示波器的操作过程	57
3.3	示波器探头的使用方法	60
3.3.1	如何使用低电容直接探头	60
3.3.2	示波器探头的使用过程	61
3.4	示波器的波形如何稳定	63
3.4.1	影响显示波形稳定的因素	63
3.4.2	同步扫描的方式	64
3.4.3	同步信号源的选择	65
3.4.4	关于同步信号的耦合方式问题	66
3.4.5	关于同步位置的选择	67
3.4.6	CH-1 的输出端	70
3.5	示波器按钮的调整过程	71
3.5.1	衰减钮的功能使用	71
3.5.2	周期钮的功能和使用	73
3.5.3	同步模式的选择	75
3.5.4	输入方式的选择	77
3.5.5	显示方式的选择	79
3.5.6	其他键钮的功能	80
第 4 章	数字示波器的使用方法	82
4.1	数字示波器的结构和原理	82
4.1.1	数字示波器的基本特点	82
4.1.2	数字示波器的基本结构和原理	85
4.1.3	数字示波器基本原理	90
4.2	数字示波器的使用方法	99
4.2.1	测量与计算工作方法	99
4.2.2	面板键操作方式	99
4.2.3	数字存储示波器的显示方式	101

4.3	DS3012B 数字存储示波器的使用	104
4.3.1	DS3012B 技术指标	104
4.3.2	DS3012B 数字存储示波器的面板结构	106
第5章	示波器在信号测量中的应用	113
5.1	信号波形的观测	113
5.2	信号幅度的检测	114
5.2.1	直流电压（含交流成分）的测量	114
5.2.2	交流信号的幅度测量	116
5.2.3	测量误差	117
5.3	信号周期或时间的测量	118
5.4	脉冲信号的测量	119
5.4.1	脉冲宽度的测量	119
5.4.2	脉冲上升沿和下降沿时间的测量	120
5.4.3	两信号时间差的测量	122
5.4.4	延迟特性对测量的影响	123
5.5	相位差的测量	124
5.5.1	用单踪示波器测量正弦信号的相位差	124
5.5.2	用双踪示波器测量正弦信号的相位差	126
5.6	利用 X—Y 功能进行频率和相位的测量	127
5.6.1	利用 X—Y 功能测量频率和相位的连接方法	127
5.6.2	利用 X—Y 功能测量频率	128
5.6.3	利用 X—Y 功能测量相位差	129
5.7	示波器的误差及其消除方法	132
5.7.1	用示波器测量电压的误差	132
5.7.2	探头对脉冲波形的影响	134
5.7.3	测量高频信号的方法	135
5.7.4	差动放大器输出信号的检测方法	139
5.8	示波器在音频设备中的常用检测项目	140
5.8.1	频率特性的测量	140
5.8.2	最大不失真功率的测量	145
5.8.3	立体声录放机的相位测量	148

第 6 章 示波器在检测电视机中的应用	149
6.1 电视机的信号及检测	149
6.2 彩色电视机各部位的信号波形	150
6.3 彩色电视机控制系统的信号检测	154
6.3.1 数字量变成模拟量的控制信号	154
6.3.2 I ² C 总线控制系统的信号检测	156
6.4 伴音解调电路的结构和检测信号	158
6.4.1 伴音信号的处理过程	158
6.4.2 伴音电路检测实例	161
6.5 视频、解码电路的功能和信号检测	167
6.5.1 视频电路的主要信号	167
6.5.2 视频电路的基本构成	168
6.5.3 亮度、色度电路的信号检测方法	170
6.5.4 超级芯片的故障检测	175
6.6 扫描电路的信号检测	177
6.6.1 行扫描电路的基本结构	177
6.6.2 场扫描电路的信号检测	179
6.7 系统控制电路的信号检测	182
6.7.1 微处理器的工作原理及信号检测	182
6.7.2 I ² C 总线控制方式的电路结构及信号波形	186
6.7.3 微处理器的检测实例	189
6.8 显像后电路的信号检测	191
6.8.1 显像管电路的检测部位	191
6.8.2 显像管电路的信号波形	193
6.9 电视机检测注意事项	195
6.9.1 示波器与电视机的连接	195
6.9.2 故障检测的基本方法	199
第 7 章 示波器在影碟机检测中的应用	203
7.1 VCD/DVD 机的结构特点	203
7.1.1 VCD 和 DVD 机的技术特点	203

7.1.2	典型 VCD 机的结构	204
7.1.3	典型 DVD 机的结构特点	211
7.2	DVD 主要电路部位的信号波形	219
7.2.1	伺服预放电路的故障检查	219
7.2.2	数字伺服电路的故障检查	220
7.2.3	音频、视频电路的检查	222
7.3	示波器在检测影碟机中的应用实例	225
7.3.1	影碟机的检测要点	225
7.3.2	激光头信号的检测	227
7.3.3	伺服控制系统的检测	228
7.3.4	影碟机的故障检修及波形检测	230
第 8 章	示波器的电路结构和故障检修	244
8.1	示波器的整机电路方框图	244
8.2	示波器各单元电路的结构和故障检修	247
8.2.1	电源供电电路	247
8.2.2	水平、垂直扫描和示波管电路	249
8.2.3	CH—1 垂直预放电路	252
8.2.4	CH—2 垂直预放电路	254
8.2.5	垂直扫描模式和末级放大器	256
8.2.6	触发电路	259
8.2.7	水平扫描时间轴电路	262
8.2.8	水平通道放大器	264
第 9 章	示波器的选购、保养与维护	266
9.1	选择示波器应考虑的因素	266
9.1.1	根据被测信号的种类和特点选择示波器	266
9.1.2	示波器的带宽	267
9.1.3	采样速率是数字示波器的重要指标	268
9.1.4	屏幕刷新率	269
9.1.5	存储深度	270
9.1.6	触发及其信号	270

9.1.7	示波器的通道数	271
9.2	家电维修中使用的示波器	272
9.3	示波器使用注意事项	273
9.3.1	电源电压的检查	273
9.3.2	信号输入幅度要求	273
9.3.3	避免强磁场干扰	273
9.3.4	避免高湿和高温环境	273
9.3.5	示波器的亮度	273

1.1 示波器的种类及应用

示波器可根据内部结构或使用领域，以及测量范围等进行分类。

(1) 根据测量信号的范围分类。

1) 超低频示波器：适合于测量超低频信号；

2) 普通示波器：适合于测量中高频信号（1MHz~40MHz）；

3) 高频示波器和超高频示波器：适合于测量高频（100MHz）和超高频（1000MHz）信号。

(2) 从显示信号的数量来分。

1) 单踪示波器，单踪示波器只有一个信号输入端，在屏幕上只能显示一个信号，它只能检测波形的形状、频率、和周期而不能进行两个信号或三个信号的比较；

2) 双踪示波器，双踪示波器具有两个信号输入端，可以在显示屏上同时显示两个不同信号的波形，并且可以对两个信号的频率、相位、波形等进行比较。

(3) 从电路结构来分有电子管示波器、晶体管示波器和集成电路示波器。

(4) 从测量功能来分有模拟示波器和数字式记忆示波器。数字式记忆示波器是将测量的信号数字化以后暂存在存储器中，然后再从存储器中读出显示在示波管上。在测量数字信号的场合经常使用，便于观察数字数据信号的波形和信号内容。

(5) 示波器从波形显示器件来分有阴极射线管（CRT）示波器，有彩色液晶显示器和用电脑彩色监视器作为显示器件的示波器。图 1-1 为单踪示波器示意图。

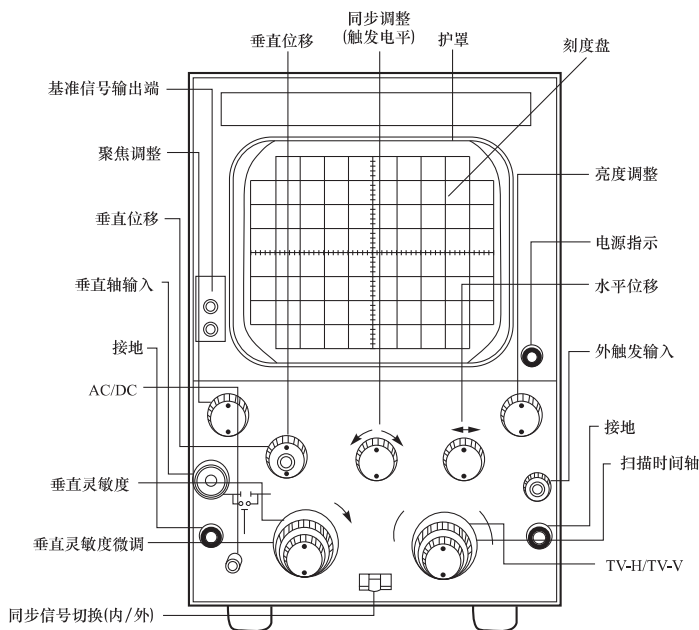


图 1—1 单踪示波器

[知识点] 示波器的基本功能是测量和显示信号波形。

频率特性是示波器的重要指标。在音频和视频设备的调试和维修领域，应选择 40MHz 的示波器。考虑到成本的因素，选择 20MHz 的示波器也能基本满足工作要求。

需要指出的是，模拟示波器既可以测量模拟信号，也可以测量数字信号。数字示波器的基本功能与模拟示波器相同，只是增加了波形的记忆和分析功能。

1.2 常用示波器的特性

1.2.1 单踪示波器的功能和特点

单踪示波器的结构如图 1-1 所示。最高显示频率是 7MHz，在一般的音响设备和彩色电视机检修当中可以使用，它有一个比较小的示波管，相对来说比较稳定。亮度按钮是调整它显示波形的亮度；聚焦按钮可以将波形调整到最佳状态。标有（+、-）极的是极性开关按钮，普通状态下是正极性，按下去是负极性，一般在检查电视信号时比较常用，而看一般正弦信号和脉冲信号时是不必考虑信号极性的。在示波管下面有三个按钮，其中标有 Y 位移的按钮是表示垂直方向上的波形位移，标有 X 位移的按钮是水平方向上的波形位移，标有同步的按钮是表示信号的同步，当显示的波形不同步时，调整此按钮使波形同步，否则不容易看清楚波形。单踪示波器的电压衰减挡的范围是从最小 10mV 挡到最大 30V 挡，如果使用 1:10 衰减头，测量范围扩大 10 倍就可以达到 300V 或者更高。单踪示波器的周期按钮的频率范围周期是从 10ms~0.3 μ s，这个范围比较宽。示波器有一个 X 轴输入通道，与其对应的左边是 Y 轴输入通道，这两个按钮可以同时观测到 X 轴和 Y 轴输入的信号波形，另外测量交流信号和直流信号也有相对应的按钮，如果测量直流信号将 DC 按钮按下去；测量交流信号将其按钮拔出来；如果接地，把 GND 按钮按下去，信号被接地时出现一条水平横线。所以这种示波器按钮比较简单，使用比较方便，它只能观测一个信号，所以它叫单踪示波器。它的外观结构如图 1-1 所示。单踪示波器的两种实例如图 1-2 所示。

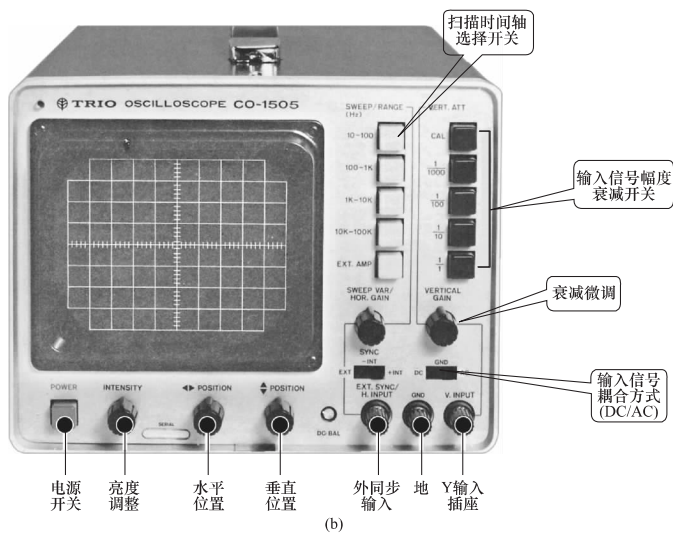
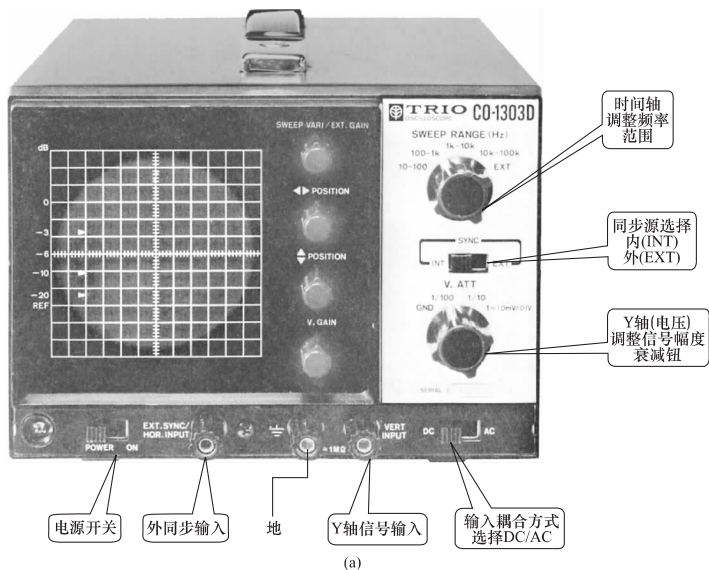


图 1-2 单踪示波器的两种实例

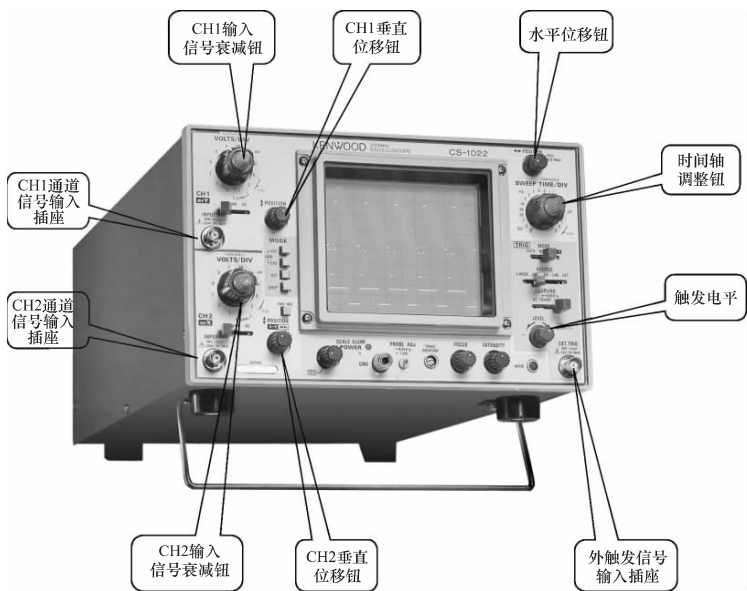
(a) TRIO-CO-1303D; (b) TRIO-CO-1505

1.2.2 双踪示波器的功能和特点

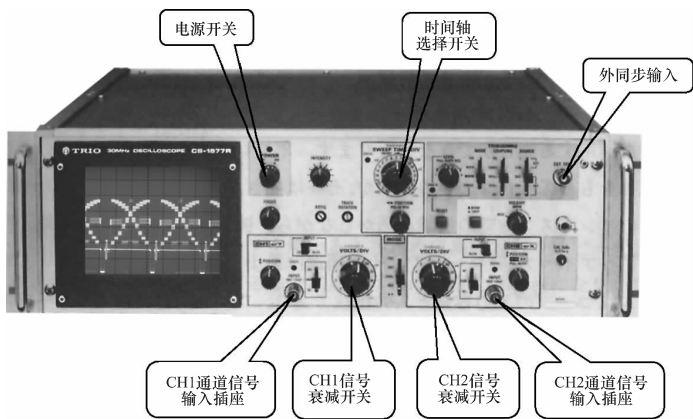
双踪示波器是可以同时观测两个信号波形的示波器，如图 1—3 所示。它的频率范围是 $0 \sim 20\text{MHz}$ ，就是说它显示的最高频率可以达到 20MHz ，我们在使用示波器检修设备的时候，主要是看信号的频率范围，看示波器是否适用。比如 7MHz 的示波器可以检测音频信号、视频信号、视频信号中的亮度信号、色度信号等，因为亮度信号的频率范围是 $0 \sim 6\text{MHz}$ ，色度信号的频率范围是 $4.43\text{MHz} \pm 0.5\text{MHz}$ ，所以对于单踪示波器来说检修音响产品、彩色电视机的亮度信号和色度信号是可以的。而中高频示波器除了可以检测音频信号、视频信号之外，还可以检测十几 MHz 、 20MHz 左右的一些时钟振荡信号和一些频率比较高一点的信号，在实际使用当中，比如检测录像机、彩色电视机内部电路，它们的频率范围大部分都在 10MHz 以下，所以一般来说是可以使用示波器进行维修的。但是这些示波器都不能检测彩色电视机的射频信号，因为电视机的射频信号的频率范围在 40MHz 到几百 MHz 之间。值得说明的是，电视机的射频信号和 38MHz 的中频信号一般不用示波器测量。在维修有线电视机电系统中主要是使用场强仪检测射频信号。

〔知识点〕对于检测两个相关的信号时，需要使用双踪示波器。双踪示波器具有两个独立的信号处理通道，可同时输入两个信号，因而可以对两个信号的相位、幅度、波形等参数进行比较和计量。此外，在检测同一信号的直流分量和交流分量时，借助于示波器的两个通道，一个通道测直流分量，一个通道测交流分量，会十分方便。

第 1 章 示波器的种类和特点



(a)



(b)

图 1—3 双踪示波器实例

(a) CS—1022 20MHz 双踪示波器；(b) CS—1577R 30MHz 双踪示波器

1.2.3 具有游标和运算功能的示波器

图 1-4 是具有游标和运算功能的示波器，它有水平游标在测量信号幅度时将两游标虚线（水平虚线）分别调到波形的波峰和波谷出，根据这两条线之间的距离等效为电压的幅度，给测量带来了方便。同时还可以选择垂直游标测量水平轴方向的距离，它等效信号的周期。在进行有规律的信号测量时，示波器内会自动测量出信号的幅度值和频率值，用字符显示在示波器的示波管上。

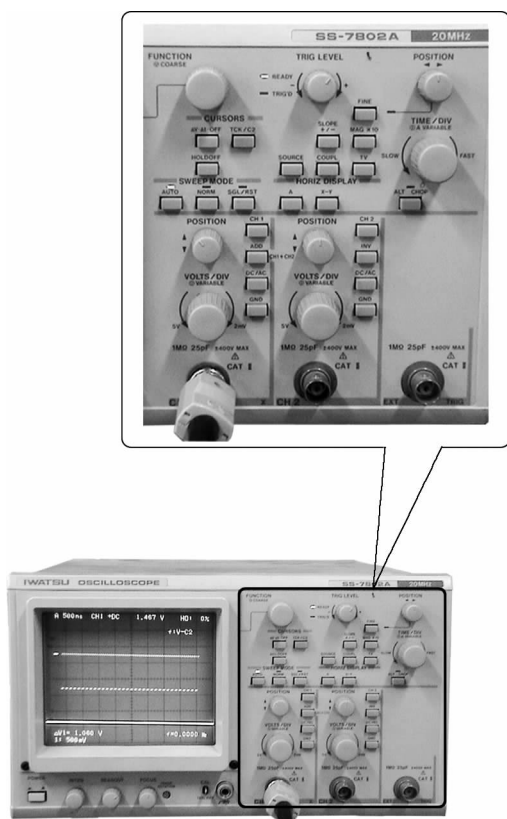


图 1-4 具有游标和数字显示功能的示波器

2.1 示波管的工作原理

显示信号波形的主要器件是示波管，示波管实际上就是一个小的显像管，又叫阴极射线管（CRT）。示波管的示意图如图 2—1 所示。示波管的前端是一个圆形或方形的荧光屏。荧光屏的内侧涂有荧光粉。在示波管的尾部设有电子枪，电子枪被灯丝加热后会向阳极（荧光屏处设有阳极）发射电子，电子束射到荧光粉上就会发光，设法使示波管内的电子枪所发射的电子束按照输入信号的波形变化，就可以在示波管上显现出信号的波形。通过偏转电极的作用使电子束摆动时，在荧光屏上留下移动的轨迹，有如电子束在示波管屏幕上画出信号的波形。

从图可见，在示波管中设有两组偏转电极，一组水平设置另一组垂直设置。扫描振荡电路产生的锯齿波信号加到垂直偏转极板上，使电子束在锯齿波电压的作用下左右移动，将测量的信号作为输入信号加到水平偏转电极上，这样就会使电子束按照输入信号的波形上下变化，于是示波管上就显示出信号波形。

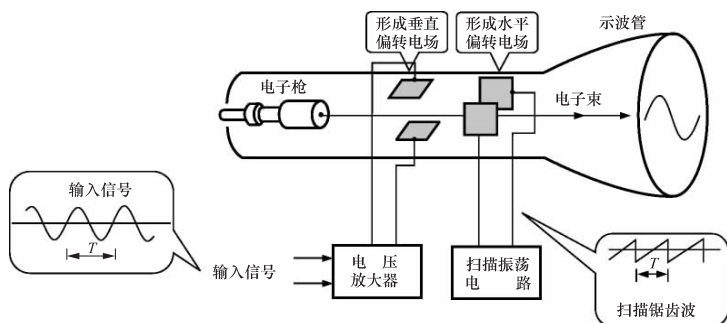


图 2—1 示波管的工作原理

2.1.1 电子束与偏转

根据电和磁的基本知识，我们知道电荷有正负之分，磁性有N、S极之分，它们的特性是同性相斥，异性相吸。电流在电场中会受到电场的作用力，电流在磁场中同样会受到磁场的作用力，电子束流在电场和磁场的作用下都会产生偏转运动，实现对示波管屏幕的扫描。图2—2是电子束流在磁场的偏转运动示意图，示波器多采用静电偏转，电视机多采用电磁偏转方式。

在示波管中，阴极被加热后其中的自由电子就容易放射出来，当设在示波管屏幕上的阳极加上高压以后，对电子就有很强的吸引力，于是电子就会迅速的飞向阳极，屏幕上涂有一层荧光粉，当电子打到屏幕的荧光粉时，就会发光，从而显示出电子束射向荧光屏的位置。如果电子束没有受到外力的作用，电子束会射到荧光屏的中央，于是中间会有一个亮点。电子束如果横向摆动就会在屏幕上扫出一条横向亮线，如果电子束既有水平的摆动又有上下的移动，屏幕上就会出现一个随电子束运动的曲线。设法使电子束的运动跟随输入信号的规律变化，就能显示出信号的波形。

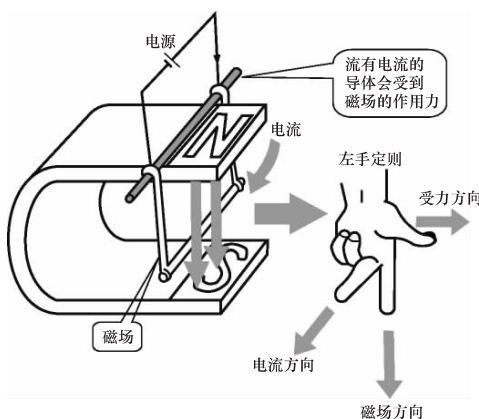


图2—2 通电导体在磁场中的偏转运动

电子束的摆动是通过偏转极板的电场作用实现的。如图 2—3 所示，当偏转极板上外加电压时，在两个板之间就形成如图所示的电场。当电子束从电场中飞过的时候，电子束受到电场的作用会向一侧偏移。如果偏转极板上的电压极性发生变化，电子束的偏摆方向也会随之变化。

示波管的偏转方式有静电偏转方式和电磁偏转方式。上述的方式即静电偏转方式是示波器中常用的方式，电磁偏转方式是通过偏转线圈形成的磁场，从而对电子束产生偏转作用。

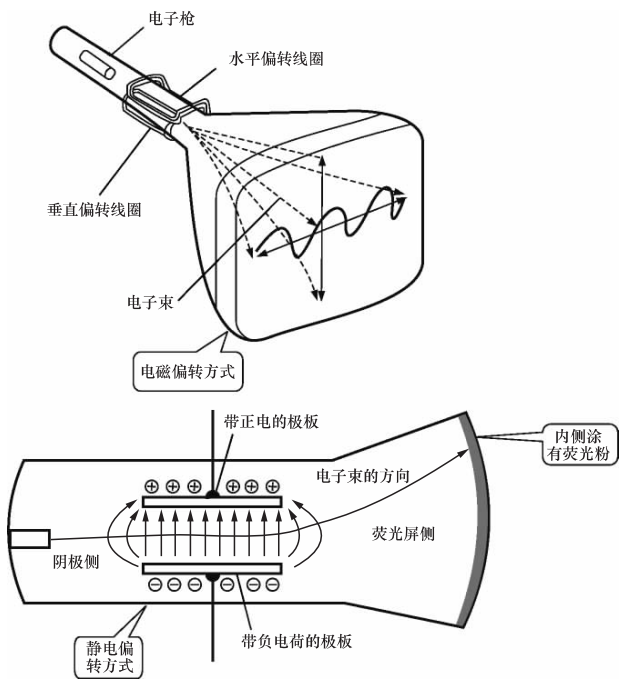


图 2—3 电子束与偏转极板

2.1.2 示波管的结构

静电偏转型示波管的结构如图 2-4 所示，一个实际的示波管中，除有发射电子的阴极和偏转极之外，还设有为阴极加热的灯丝，第二阳极被称为加速电极，其上加有 2kV 的高压（相对于阴极），形成对电子束的超强吸引力，使电子束从第二阳极中间的孔中穿过射向屏幕。

在阳极和阴极中间还设有一个集束电极，是进行聚焦调整的电极，源聚焦极又称第一阳极，其作用是使电子束聚集在屏幕上形成清晰的一个圆点。

在阴极旁还设有一个栅极，相对于阴极电压为负极性，其作用是用来调整亮度的。如果栅极电压相对于阴极向负的方向增加电压，会使电子的发射减少，显示变暗。在反向增加电压会使电子增加而变亮。

此外，还有一个预加速电极（ 0V ），相对于阴极为正，对电子束起预加速的作用。

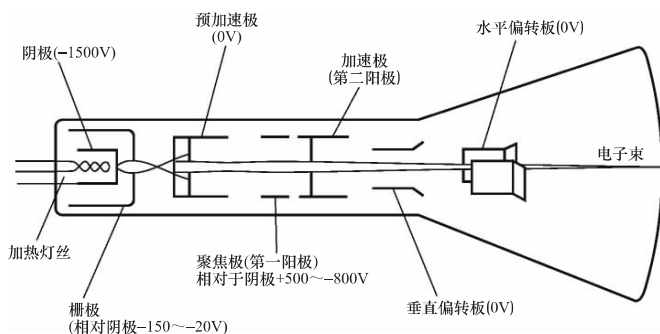


图 2-4 静电偏转方式的示波管

2.2 示波器的基本结构和波形显示原理

2.2.1 示波器的电路方框图

示波器的功能方框图如图 2-5 所示，从图可见，它主要是由示波管和为垂直偏转、水平偏转提供驱动信号的电路构成。

要观测的信号加到示波器面板上的垂直输入端子（V 端子），此信号由垂直放大器进行放大，然后加到示波管的垂直偏转电极上。与此同时，在示波器内部设有水平扫描电压产生电路，它所产生的水平扫描锯齿波电压加到示波管的水平偏转电极上。这个电路又被称为“时间轴扫描振荡电路”。

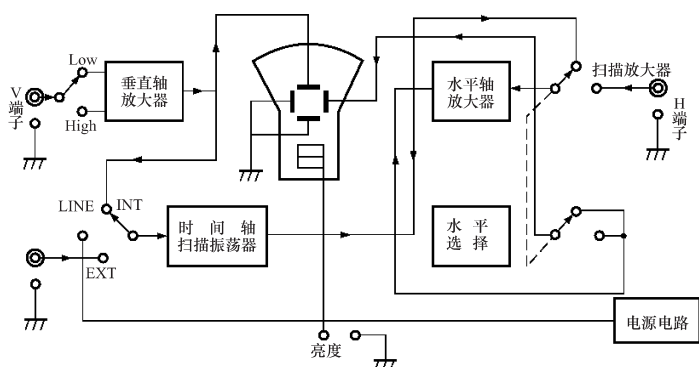


图 2-5 示波器的功能方框图

2.2.2 测量信号与扫描锯齿波

要观测的信号波形与锯齿波信号之间的关系如图 2-6 所示。图中示出了垂直偏转上的信号波形与水平偏转上扫描锯齿波的关系。

从图 2-6 所见，如果被测交流正弦信号一个周期的时间与扫描锯齿波一个周期的时间相等，每个周期重复一次，这样电子束的运动也刚好反复一次，于是在屏幕上显示出波形。这种情况在波形上①~⑬的时间为扫描时间，⑬~⑭的时间为回扫时间。由于回扫时间很短，因此这期间的波形几乎是看不到的。

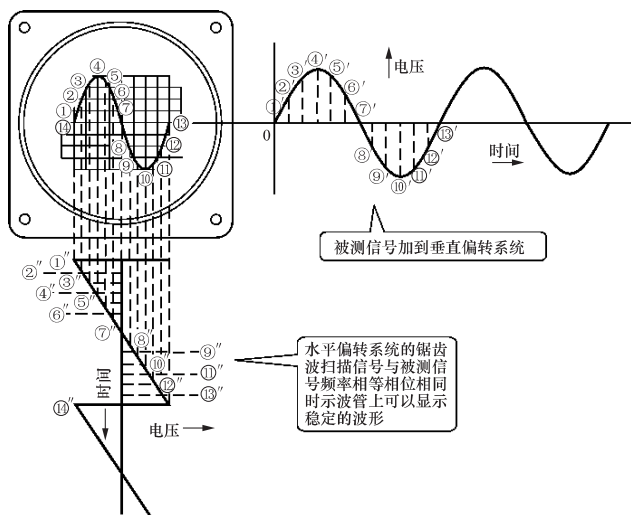


图 2-6 测量信号与扫描锯齿波的关系

2.2.3 显示波形的稳定条件

示波管内侧涂有荧光粉，有电子碰撞时便会发光，并能维持短暂的时间，无电子碰撞时便不发光。在示波管上显示信号波形时，必须使电子束反复扫描示波管屏幕上的相同位置才能使信号波形稳定地持续显现在示波管上，即多次反复扫描在示波管的同一位置上，如同静止的图像一样。这种情况必须使被测信号的频率 f_1 (Hz) 和时间轴扫描的振荡频率 f_2 (Hz) 之间成整数倍，即

$$f_1 = n f_2 \quad (n=1、2、3\cdots)$$

如果 $n=1$ ，则屏幕上显示一个周期的波形， $n=2$ 则显示两个周期的波形，如图 2-7 所示。

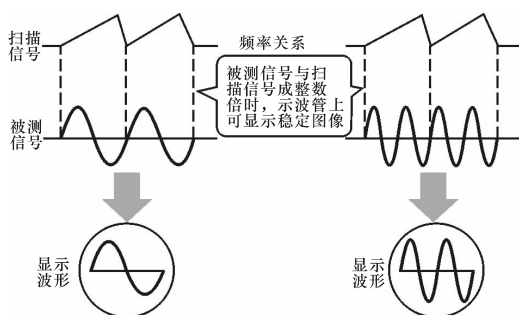


图 2-7 显示信号波形的频率与扫描锯齿波频率的关系

2.2.4 示波器的同步

为了使被测信号波形的图像在示波管上静止，要使观测信号与示波器内的时间轴扫描电路的信号同步。使观测信号与扫描信号之间保持一定的频率比就是同步。测量时，如何满足这个条件，是同步的关键问题，也就是如何操作示波器才能使示波器的时间轴扫描振荡器跟踪被测信号的频率。因为被测信号的频率是任意的，所以在进行测量时一边观测波形一边用手调整扫描锯齿波信号的频率，当两信号的频率成整数倍的时候观测的波形就稳定了。

图 2—8 是一个锯齿波振荡电路，调整电容 C ，调整电阻 R 、 R_1 均可改变电路的时间常数，即充放电的时间常数，便可以改变其频率。

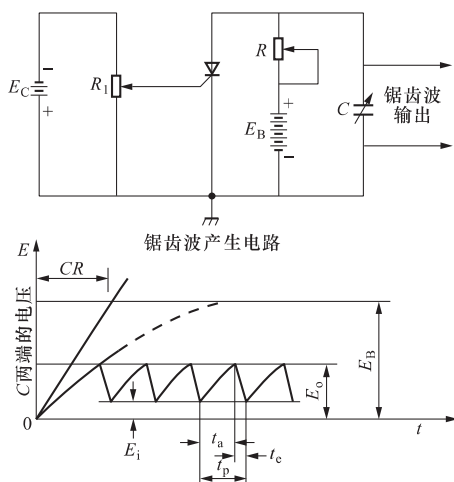


图 2—8 调整锯齿波频率的电路

E_o —放电开始电压； t_a —扫描时间； t_p —周期

E_i —残余电压； t_c —放电时间

2.2.5 强制同步方式

为了使被测信号与时间轴扫描信号同步，在以往的示波器中常采用“强制同步”方式。这种方式就是利用被测信号形成同步信号，然后将同步信号加到锯齿波振荡电路的控制端，使锯齿波信号与被测信号保持整数倍的关系，这样就能实现同步。如图 2—9 所示。

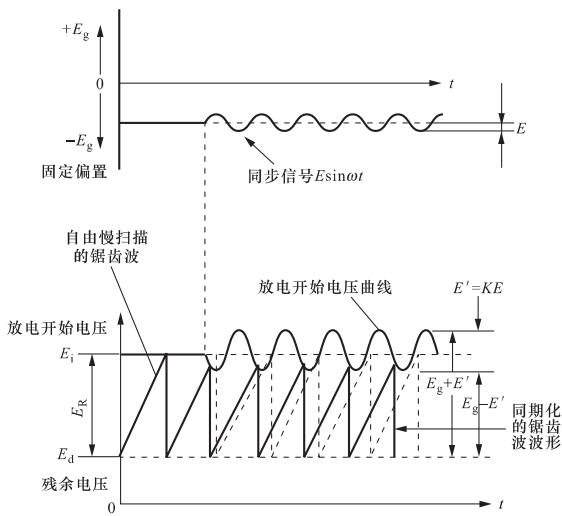


图 2—9 强制同步方式

强制同步方式示波器的电路方框图如图 2—10 所示，从图中可知，在垂直信号通道中，设有衰减器和直接耦合放大器。衰减器是用来衰减输入信号的，有些被测信号的幅度比较大，需要先衰减一下再送到垂直偏转电路中。衰减器通常有几挡：如 1:1，10:1，100:1。因为在示波管上要得到所希望的波形图像，信号幅度要适当，实际上需要自由地调整信号的幅度。对于输入信号中含有多种频率成分，不同频率分量的信号要得到等量的衰减，在技术上也是比较困难的。

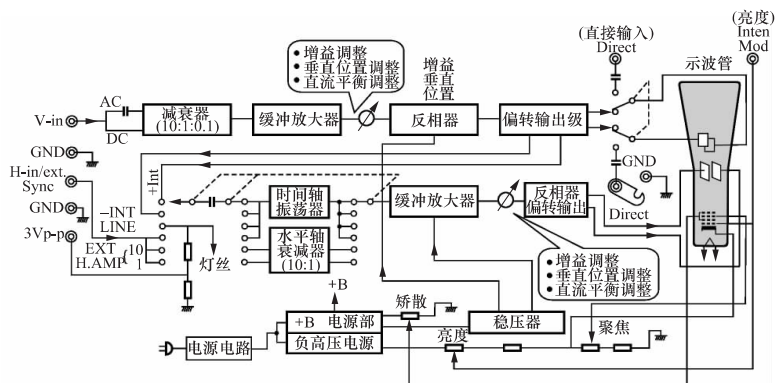


图 2—10 强制方式示波器方框图

通常衰减器采用图 2—11 所示的电路。

另外，在示波器上通常设有直流/交流（DC/AC）切换开关，当在 DC（直流）挡时测量的信号包括其中的直流分量，而切换到 AC（交流）挡时，只能测量交流信号不能测量直流分量。为了能测量直流分量，在电路中必须采用直接耦合放大器。

垂直通道中还设有垂直增益、垂直位置调整电路，它可以微调信号的幅度以及在示波管上的显示位置。被测信号经调整后，再经反相电路使相位反转，最后经偏转输出级将信号进行功率放大，最后送到垂直偏转板上。

在水平偏转电路中，除设有扫描锯齿波产生电路外还设有外部同步信号输入电路，此电路是使机内的扫描锯齿波产生电路与外部的输入信号同步。

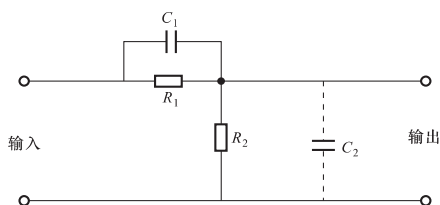


图 2—11 电阻分压衰减电路

2.2.6 同步示波器

在实际测量中示波器既可以观测正弦信号，也可以观察脉冲信号。为了使观测脉冲信号效果更好，制作了同步示波器（Synchroscope）。这种示波器设计了专门的同步电路，采用了宽带输入信号放大器，并设置了迟延电路，此外还设置了用于定量测量垂直振幅和水平扫描速度的刻度盘，为测量提供了方便。

具有电视信号同步电路的示波器电路方框图如图 2—12 所示。

图中垂直通道的输入端一般接被检测信号，其电路结构如前所述。在水平扫描系统中，可以将外接信号直接送到水平轴放大器，直接控制水平偏转极板。还可以在垂直信道中将垂直输入的信号取出一部分经相位反转和同步信号形成电路，形成与垂直输入同步的信号，以此为同步基准信号去控制锯齿波产生器，使水平偏转的驱动信号与垂直信号同步，可以实现自动稳定的观察信号波形。

此外，在水平信道中还设有触发信号输入端，使水平偏转系统与外部触发信号同步，这样示波器便可灵活使用，方便测量。

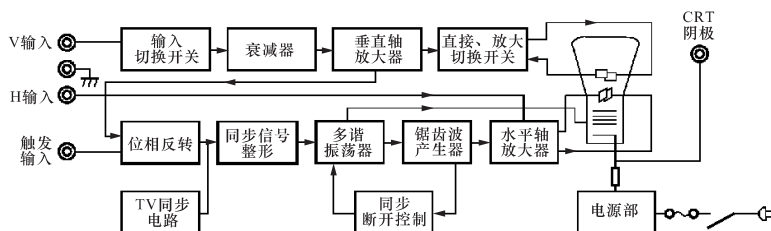


图 2—12 同步示波器电路方框图

2.3 示波器键钮的标记和功能

2.3.1 示波器前面板的键钮部位

一个典型同步示波器的前面示意图如图 2-13 所示。从图可见它的左侧是示波管，示波管上安装一个塑料护罩，护罩同时将透明的刻度板固定在示波管前，刻度板上刻有 8×10 的方格，每格 1cm 见方，用于测量波形在垂直和水平方向的刻度，一般垂直方向等效为电压值，水平方向等效为时间值（周期）。在测量时 1 个格常被称为 1DIV。每个键钮都有符号标记，表示其功能。

[知识点] 示波器有很多的型号、种类和款式。不同厂家、不同型号的示波器，其外壳的形状和键钮的部位也是不同的，但很多基本的键钮标记、功能和使用方法都是相同的，一般只有个别的键钮是不同的。最重要的调整钮是时间轴调整钮和幅度轴调整钮，它是调整显示波形图像的 X 轴和 Y 轴。

深入了解一个典型的示波器的键钮标记和调整方法，对于检测信号是很有用的。使用时先用示波器检测一个已知参数的信号，再检测其他信号就不会有过大的偏差，这是从实践中摸索出的经验。

2.3 示波器按钮的标记和功能

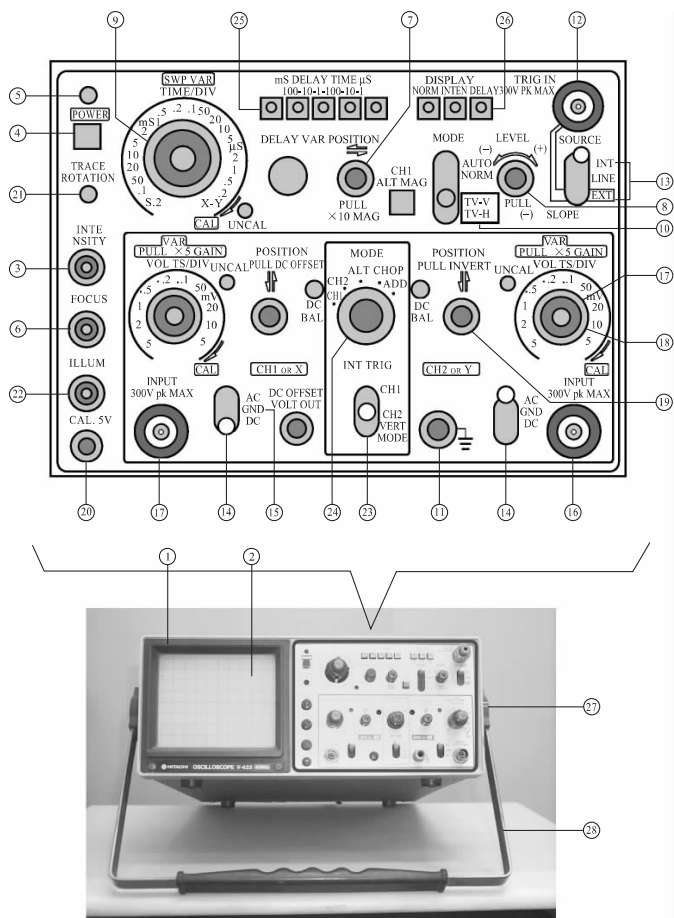


图 2—13 示波器的整机结构

- ①—CRT 护罩；②—刻度盘；③—亮度调整；④—电源开关；⑤—指示灯；
- ⑥—聚焦调整；⑦—水平位置调整；⑧—同步位置调整；
- ⑨—扫描时间和水平轴微调；⑩—TV—H 和 TV—V（电视信号的行场观测）；
- ⑪—接地端；⑫—外部水平轴输入端或外触发输入端；
- ⑬—同步（触发）信号切换开关；⑭—交流—直流—接地切换开关；
- ⑮—接地端；⑯—垂直轴输入端；⑰—垂直轴灵敏度微调；
- ⑱—垂直轴灵敏度切换；⑲—垂直位置调整；⑳—校正信号输出端；
- ㉑—水平扫描方向旋转钮；㉒—刻度盘亮度调节钮；
- ㉓—内触发方式选择；㉔—显示方式选择；㉕—延迟时间选择；
- ㉖—显示方式选择；㉗—支架锁定钮；㉘—支架提手

2.3.2 示波器各键钮的功能

以面板为例按顺序介绍一下各键钮的英文标记和功能。参见图 2—13。

1. CRT 护罩

示波管是一种阴极射线管，简称 CRT，护罩用以保护示波管屏幕不受损伤。

2. 刻度盘

刻度盘由透明的有机玻璃板制成，上面刻有水平和垂直刻度线，以便目测波形的幅度和周期。

3. 亮度调整 (INTENSITY)

“亮度调整”标记常为 INTEN，是扫描线亮度的调整钮。如图 2—14 所示。

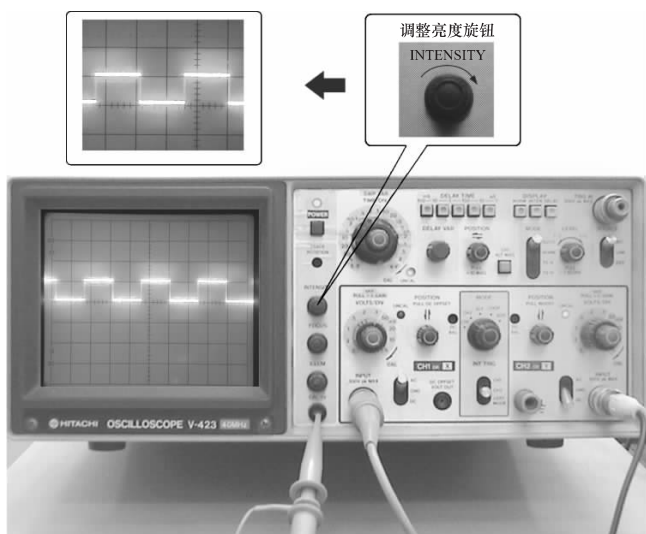


图 2—14 亮度调整钮的功能

4. 电源开关 (POWER)

接通和断开电源的开关

5. 指示灯

指示电源工作状态：当接通电源时，指示灯亮。

6. 聚焦调整 (FOCUS)

用以调整扫描波形图像的聚焦状态，使用时应调整使波形最为清晰。如图 2—15 所示。

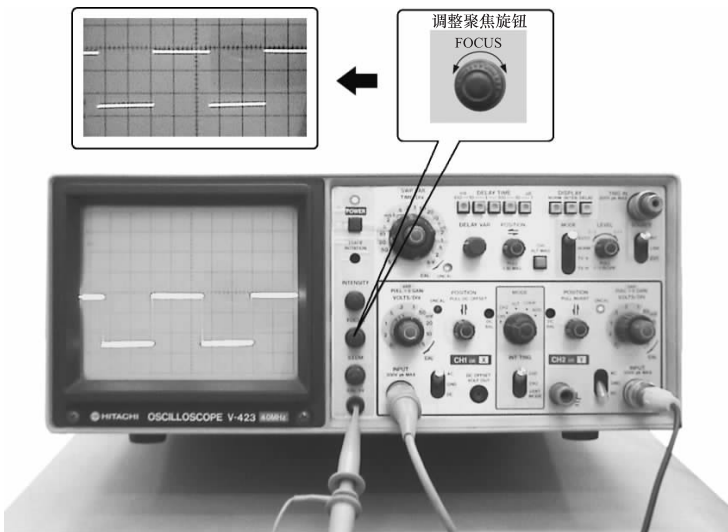


图 2—15 聚焦钮的功能

7. 水平位置调整 (H. PSITION)

调整显示图像的水平位置。拉出时，时间轴扩展 5 倍。水平位置调整的方法如图 2—16 所示。

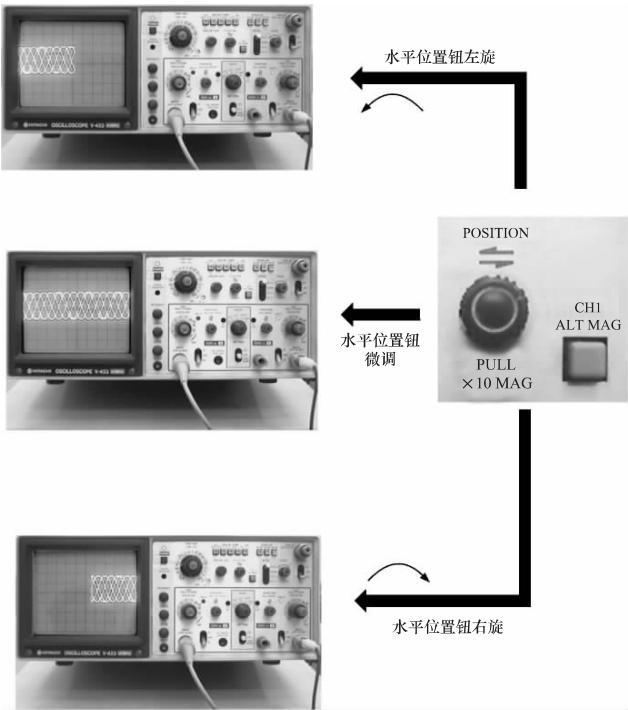


图 2—16 水平位置的调整

8. 同步位置调整 (TRIG LEVEL)

同步位置调整实际上是触发电平调整，前面我们介绍过示波器的同步方式有两种，一种是触发同步方式，另一种是强制同步方式。同步示波器就是具有强制同步方式的示波器。触发同步方式是通过调整示波器内同步电路中的触发电平，可微调同步信号的频率或相位，使之与被测信号的相位一致（频率可为整数倍）。

将触发电平钮反射针旋转，置于自动 (AUTO) 位置，如图 2-17 所示，用于波形比较简单规律性强的信号的观测。可以观测信号波形的起始位置，例如脉冲的上升沿的观测，如果要观测波形的其他部位，则触发电平钮要进行左右微调，以便能观测到波形的任意相位，如图 2-18 所示。

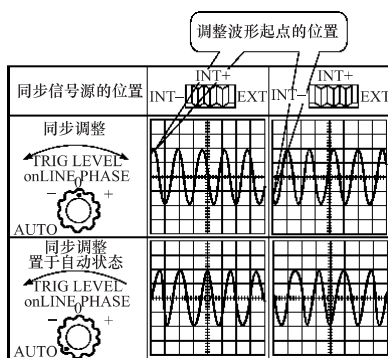


图 2-17 触发电平的调整功能

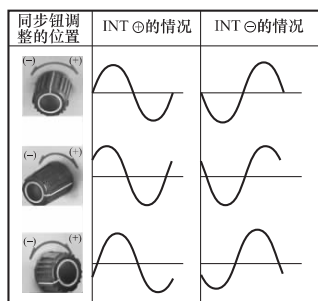


图 2-18 触发电平调整的位置关系

9. 扫描时间和水平轴微调 (VARIABLE)

这种调整钮通常标有 TIME/CM 符号，即时间/厘米，即时间轴的单位，一个格 (10mm) 相当于多长时间，与被测信号的周期相关。时间轴的长短要与被测信号的频率 (周期) 相适应，一般时间轴最长一个格要相当于一个信号周期，如图 2—19 所示。时间轴变小 (右旋) 波形就可以扩展。

(1) CAL 是 Calibration 的缩写，即校正的意思，使用示波器进行电压测量时需要进行校正。旋钮要置于此位置。

(2) 扫描时间。示波器的电子束在屏幕上进行扫描时，电子束扫描 1cm 所需要的时间被称为扫描时间 (Sweeptime)。

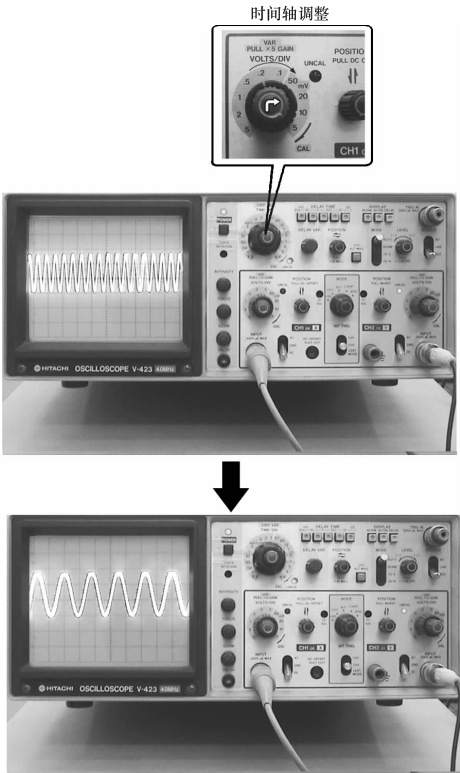


图 2—19 时间轴 (扫描速度) 切换开关

10. TV-H 和 TV-V (电视信号的行场观测)

有些示波器在时间轴调整钮中设有电视行 (TV-H) 挡和电视场 (TV-V) 挡。这是专为观测电视信号中的行信号和场信号而设的。能稳定地观测电视信号的波形。该示波器是显示模式开关中设置电视信号的行、场同步方式。将开关置于 TV-H 时, 扫描信号以电视的行为基状, 以便观测电视的行信号, 再调整时间轴钮, 在示波管上可以显示几行信号波形。如图 2-20 所示。

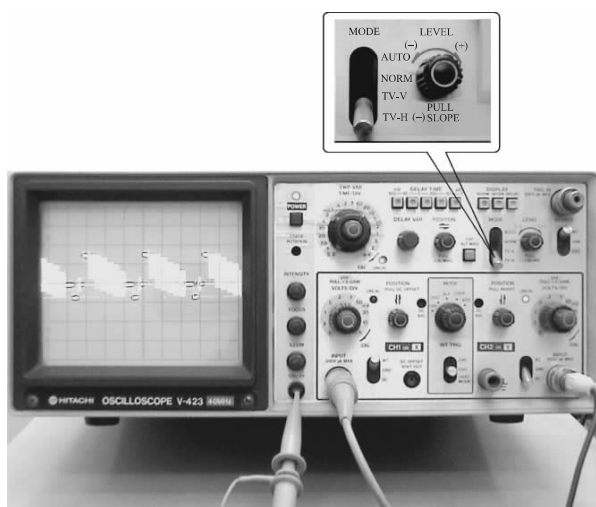


图 2-20 观测电视的行信号

如果要观测电视信号中的场信号，要将时间轴旋钮置于 TV—V 位置，这样使观测的场信号波形比较稳定，如图 2—21 所示。

图中扫描速度约为 6ms/cm，一个场周期为 20ms 可显示一场信号。

11. 接地端

测量信号波形时要将地线与被测设备的地线连接在一起。

12. 外部水平轴输入端 或 外触发输入端 (EXT. H or TRIG. IN)

当用示波器的内部扫描同时与外部信号同步时，从此端加入外部同步信号。另外，对于外部扫描时，此端加入外扫描信号。

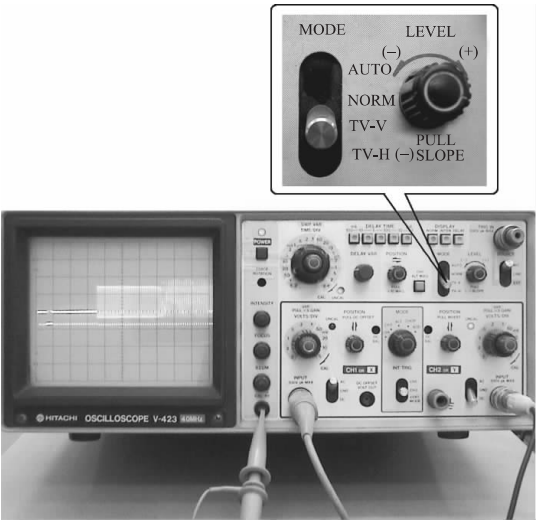


图 2—21 观测电视的场信号

13. 同步（触发）信号切换开关（TRIG SOURCE）

这是为使观测信号波形静止在示波管上而设的同步信号选择开关，如图 2—22 所示，包括 INT（表示内同步源）、EXT（由⑫外部输入的信号作为同步基状），此外还有 LINE（线路输入信号）作为同步信号源，选择内同步的方式时，电路从垂直轴送入的观测信号连接到扫描振荡器上。

所谓同步信号，就是使显示信号与扫描同步所必要的信号。使扫描的周期与观测信号的周期成整数倍，显示的波形才能静止。

内部同步是将垂直信号的一部分作为同步信号，这就是内部同步。

外部同步是将外部（EXT）水平输入的信号作为同步信号。

14. 同步倾斜切换（TRIG SLOPE）

图示的示波器无此按钮。

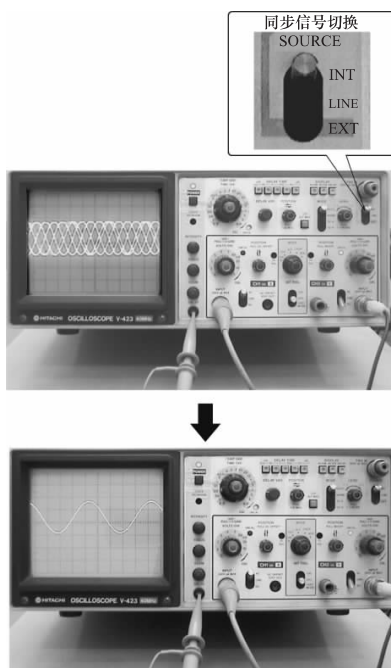


图 2—22 同步信号切换开关的位置

15. 交流—直流—接地切换开关（AC—DC—GND）

当观测交流信号的波形时将开关置于“AC”位置（AC 是交流的英文缩写），当观测直流信号或观测交流信号同时检测其中的直流分量时将此开关置于“DC”位置（DC 是直流的英文缩写）。当观测地的电平位置时开关置于“GND”。

16. 接地端（GND）

将信号端接地。

17. 垂直轴输入端（VERT INPUT）

被测信号输入端通常使用一个带探头的电缆，将被测的信号通过探头及电缆送入示波器的此端。该机具有两个信号输入端。

18. 垂直轴灵敏度微调（VARIABLE）

垂直轴灵敏度微调与垂直轴灵敏度切换旋钮是一个同心调整旋钮，内圆旋钮是垂直轴灵敏度微调。如图 2—23 所示。

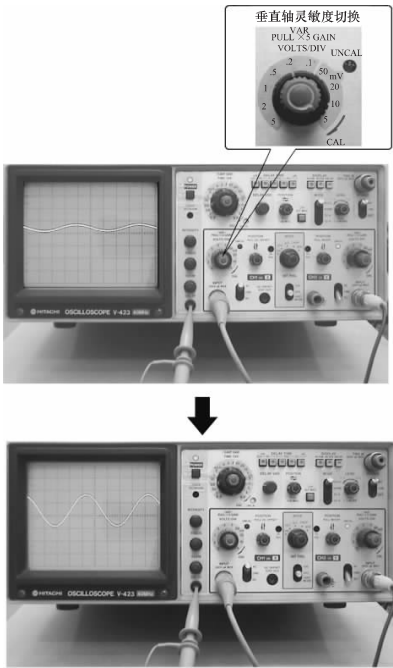


图 2—23 垂直灵敏度切换

19. 垂直轴灵敏度切换 (VOLTS/DIV)

如图 2-24 所示, 外圆环形旋钮是灵敏度切换钮, 它可以根据被测信号的幅度切换电路的衰减量使显示的波形在示波管上有适当的大小。

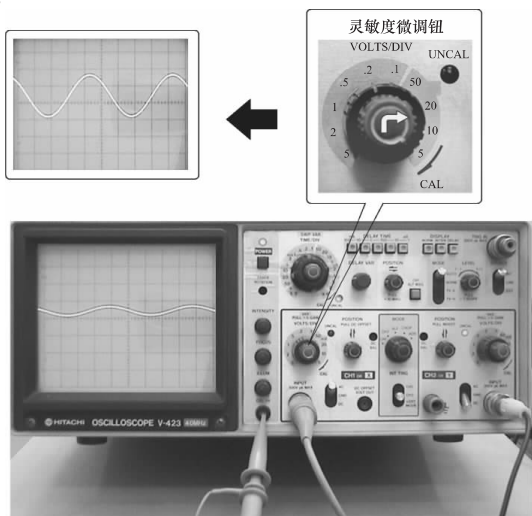


图 2-24 垂直灵敏度微调

〔知识点〕被测信号的幅度和频率往往是任意的, 为了能在示波器显示管上显示出适当大小的波形图像, 就需要对强信号进行衰减, 而对小信号进行放大。垂直灵敏度的切换钮和垂直幅度微调钮就是对输入信号进行放大和衰减处理的按钮, 这两个钮通常都是同心安装, 内环钮为微调钮, 外环钮为粗调钮。在钮的外环面板上有刻度, 刻度用“电压值/格”表示。根据波形显示的大小和刻度便可读出所测信号的幅度值。

20. 垂直位置调整 (V. POSITION)

调整此钮可以使示波管上显示的波形在垂直方向 (Y 轴方向) 上下移动, 如图 2-25 所示。

21. 校正信号输出端 (CAL. 5V)

垂直轴灵敏度校正用方波输出端 (CAL)。这是示波器内部电路自己产生的一个标准信号, 一般示波器输出一个频率为 1kHz 幅度为 0.5V_{p-p} 的方波信号。

22. 水平扫描方向旋转钮

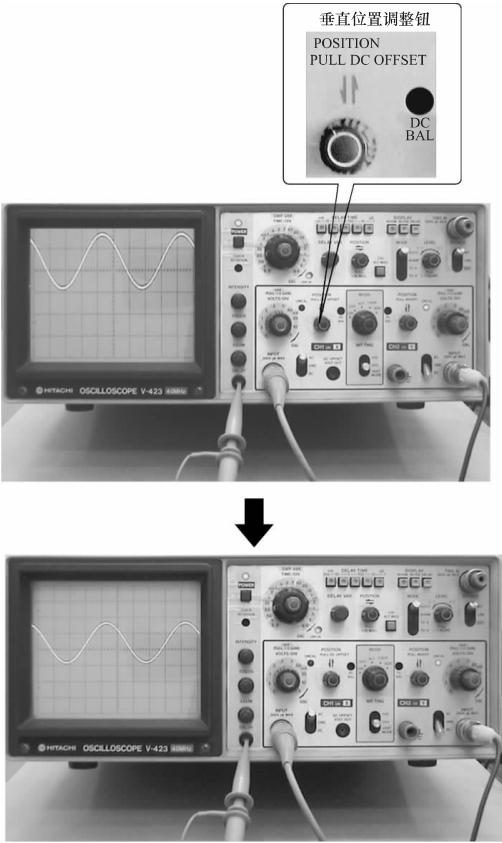


图 2-25 垂直位置调整

23. 显示方式选择

示波器的多种显示功能，可以给用户提供很多便利的观测方式。它是通过对两路输入信号的切换，处理和运算来实现的。利用这种功能，可以单独观测两个输入信号中的任何一个，也可以实现两信号的交替观测，还可以对两个信号进行加法或减法运算，并实时显示两信号加或减后的波形。

此模式开关有五挡分别为 CH-1、CH-2、CHOP、ALT 和 ADD。

(1) 当开关处于 CH-1 位置时，示波器只显示由 CH-1 输入信号的波形。

(2) 当开关处于 CH-2 位置时，示波器只显示由 CH-2 输入信号的波形。

(3) 当开关处于 CHOP 位置时，即为快速切换显示方式。为了能显示两个信号波形，选择 CHOP 时，扫描驱动以 250kHz 的方波高速切换，显示成虚线。

(4) ALT，当开关处于 ALT 位置时，两个输入信号的波形交替显示。

(5) ADD (Addition) 当开关置于此位置时，CH-1 和 CH-2 两输入信号进行加法处理并显示，示波管上显示出的波形为两个信号的代数和。如果此状态 CH-2 信道的极性开关被置于反极状态，则显示波形为两个信号的差，即进行减法运算。②⑥ 为延迟时间选择，②⑦ 为显示方式选择，②⑧ 为支架锁定钮，②⑨ 为支架提手。

2.3.3 示波器的操作按钮

下面我们以 GOS-652/653/654 双踪示波器为例介绍一下示波器的操作按钮的功能和标记。各种按钮的序号分别见图 2-26~图 2-28。

示波器的按钮标记和功能如下：

① 为基准信号输出端 (CAL)，输出 1000Hz 峰值为 2V 的脉冲信号，示波器自校使用。② 为电源指示灯。③ 为电源开关 (POWER ON/OFF)，示波器总电源。④ 为辉度钮，(INTEN)，调节显示波形的辉度。⑤ 为触发方式 (TRIGGER)。⑥ 为聚焦钮 (FOCUS)，调节显示波形的聚焦状态。⑦ 为旋转调整 (TRACE ROTATION)，调整扫描线的水平度，如果扫描的波形倾斜可以用平头螺丝刀调整此处。⑧ 为刻度盘照明度调节钮 (ILLUM)，调整方格刻度盘的亮度。⑨、⑩ 为垂直位置调节钮 (POSITION)，调整扫描图像的垂直位置。⑪、⑫ 为交流—接地—直流 (AC—GND—DC)。输入信号与垂直放大器之间的信号耦合方式选择开关。AC 是交流耦合方式，用隔直电容耦合，DC 是直流耦合方式，不用电容可显示信号的直流分量和交流分量之和，GND 是接地将输入端信号接地。⑬、⑭ 为被测信号的输入插座 CH1 和 CH2，两个输入信号的输入接口。⑮、⑯ 为输入信号的衰减开关，从每格 5mV (5mV/DIV) 到每格 5V (5V/DIV) 有 10 挡，又称垂直灵敏度开关，可根据输入信号的电压幅度调整，使显示的波形适中。⑰、⑱ 为垂直灵敏度微调钮，与⑮、⑯ 同轴，调整范围为刻度值的 1/2.5。当此钮拨出后为放大 5 倍的值。⑲ 为垂直显示方式 (VERT)。选择 CH1、CH2 信道放大器的工作模式和内部触发信号。CH1 只显示 CH1 的输入信号，并用 CH1 的信号作触发信号。CH2 只显示 CH2 的输入信号，并用 CH1 的信号作触发信号。DUAL 显示 CH1、CH2 两个信道的信号。触发信号由⑳ 号开关和㉑ 号交替开关 (ALT) 选择。ADD 显示两个信号的代数和或差 (CH1+CH2 或 CH1-CH2)，内触发信号由㉒ 键选择。㉓ 为同步微调 (HOLD OFF)。㉔ 为触发电平调整 (LEVEL) 微调同步按钮，功能是设置波形的同步起点。“+”表示向调整在显示波形的

上升位置。“—”表示向调整在显示波形的下降位置。LOCK 自动锁定同步电平。HOLD OFF 当信号波形比较复杂时，仅靠电平调整钮不能调到同步时，使用该钮。㉓ 为外触发信号输入端。㉔ 为倾斜调整 SLOPE 按钮。㉕ 为耦合方式 (COUPLING) 按钮。㉖ 为准备 (READY) 按钮。㉗ 为触发模式 (TRIGGER MODE) 选择键。AUTO 表示当设有触发信号作用时，或是触发信号的频率低于 50Hz 时，扫描处于自由状态。NORM 表示当无触发信号作用时，扫描处于准备状态，轨迹取消，主要用于观察 50Hz 以下的信号。PUSH TO RESET 表示复位开关，当上述三个键都不按下时，电路处在单信号触发模式，当电路重新启动时，READY 指示灯亮，当扫描结束时，指示灯灭。㉙ 为显示方式 (DISPLAY MODE)。按键选择 A、B 显示方式。A 用于总波形的主扫描方式，A INT 这种扫描方式是选择 A 扫描的各个部分，作为延迟扫描。相应于 A 扫描的 B 扫描部分以高亮度光束显示。B 表示只显示 B 的延迟扫描。B TRIG'D 在连续延迟和触发延迟之间选择。“接合” (engaged) 用于触发延时，由 A 扫描的延迟时间 (DELAY TIME) 和时间轴 (TIME/DIV) 开关设定后，当触发脉冲作用时，B 扫描开始 (触发信号对 A 扫描和 B 扫描都起作用)。“不接合” (Disengaged) 用于连续扫描，A 扫描的延迟设定后立即开始 B 扫描。延迟时间开关为 ㉚ (DELA TIME)，延迟时间位置键为 ㉛ (DELAY TIME POSITION)。㉜ 为遮光板 (Bezel)，拍摄波形时安装。㉝ 为滤光器 (Filter)，是一块便于观察波形的滤光板，照相时可取下来。

第 2 章 示波器的基本功能

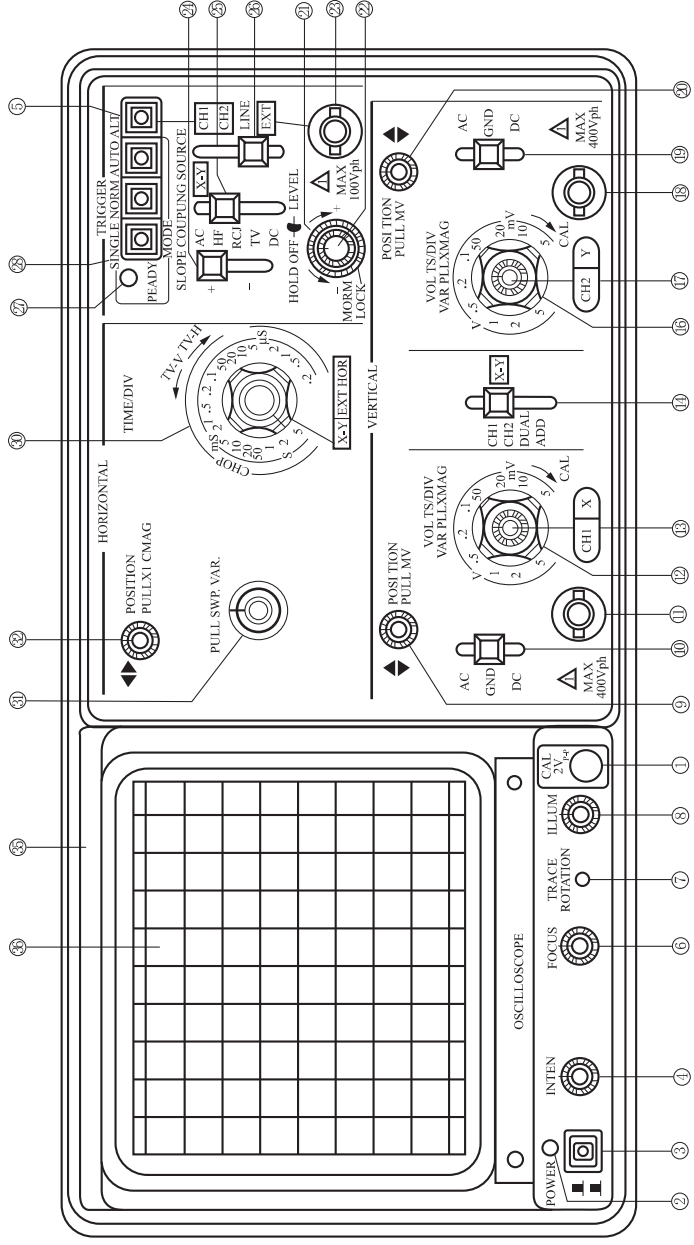


图 2-26 GOS-652

2.3 示波器按钮的标记和功能

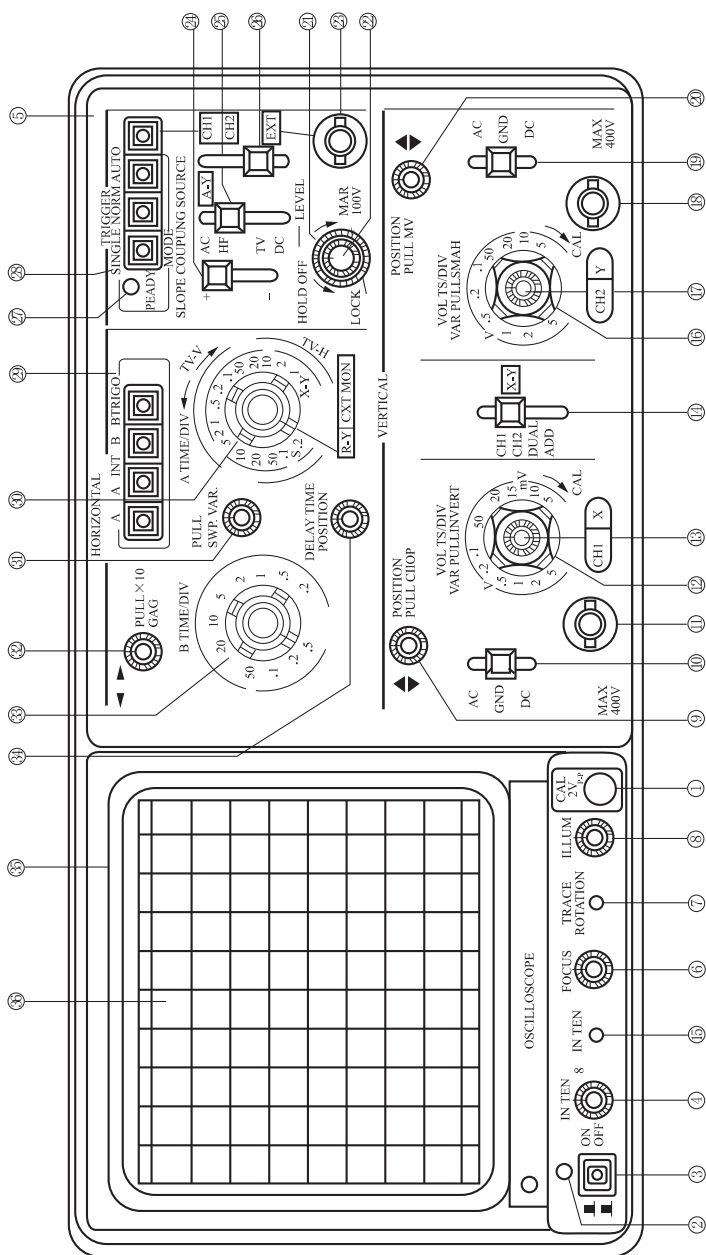
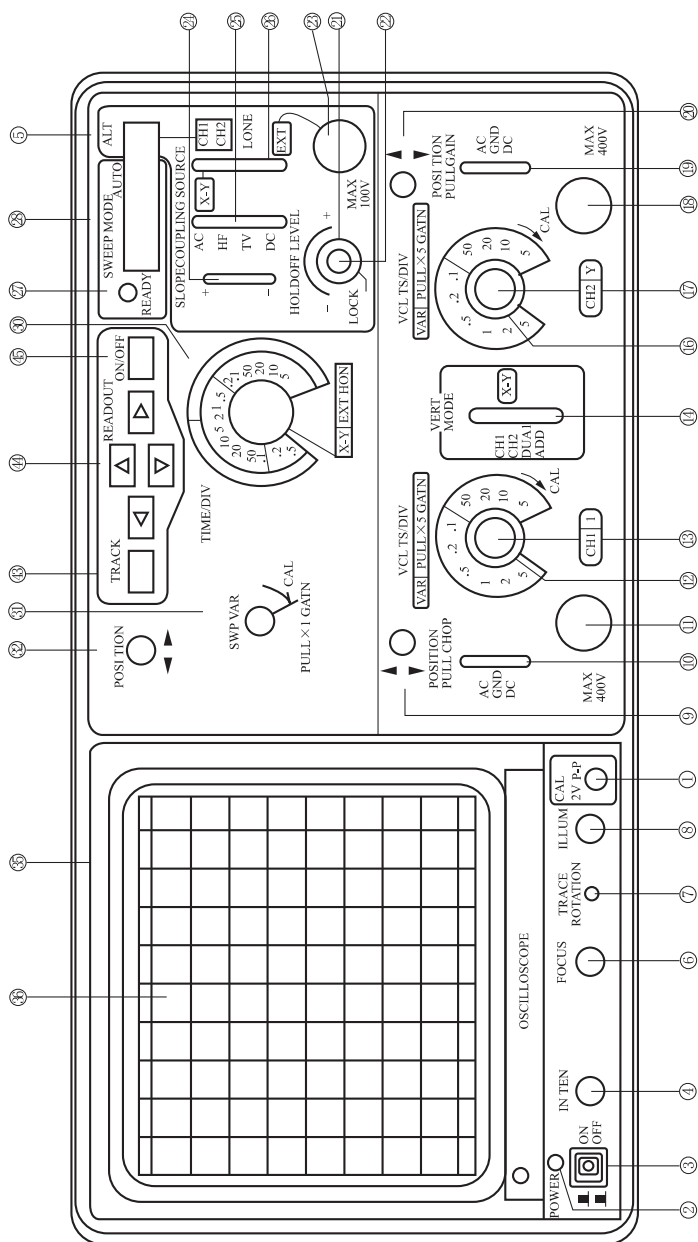


图 2-27 GOS-653



2-28 GOS-654

3.1 示波器使用前的检查

示波器在开机使用时，先不输入信号，应先看到扫描线，然后再根据输入信号的幅度和频率适当地调整，将波形显示出来，进一步对信号的参数进行测量，因此示波器在初始状态应使一些按钮处于合适的位置。一方面便于使用，另一方面注意设备的安全。例如：扫描线的水平位置和垂直位置钮都应处于中间位置，扫描线的亮度和聚焦钮也先调整到中间位置，触发信号源置于内部，扫描模式置于自动。垂直灵敏度（信号幅度钮）设置在较高的位置。不同厂家和型号的示波器的键钮位置和标记都有些不同，但基本键钮的标记是相同的。

示波器在使用前还应考虑接地问题，应根据被测设备或电路的情况，选择接地方式。一种方法是设置一个共用的地线，将被测设备或被测电路与相关的仪表和外围设备都接到这个公共的地线上。这样检测方便，也比较安全，在产品的研制试验室中普遍采用。另一种方法是每测一个电路，要根据电路结构选择一个接地点，这种方法可以有效的防止干扰信号影响测量结果。

3.1.1 示波器使用前的设置和调整

图 3-1 是 V-432 示波器按钮设置。使用示波器对电路进行检测前要注意以下问题，在开机之前有几个旋钮的位置要检查。例如水平位置（H. POSITION）调整钮⑦和垂直位置（V. POSITION）调整钮②③置于中心位置。触发信号源（TRIG. SOURCE）⑬置于内部位置即 INT。触发电平（TRIG. LEVEL）钮⑧至于中间，显示模式开关至自动位置，即 AUTO 位置。

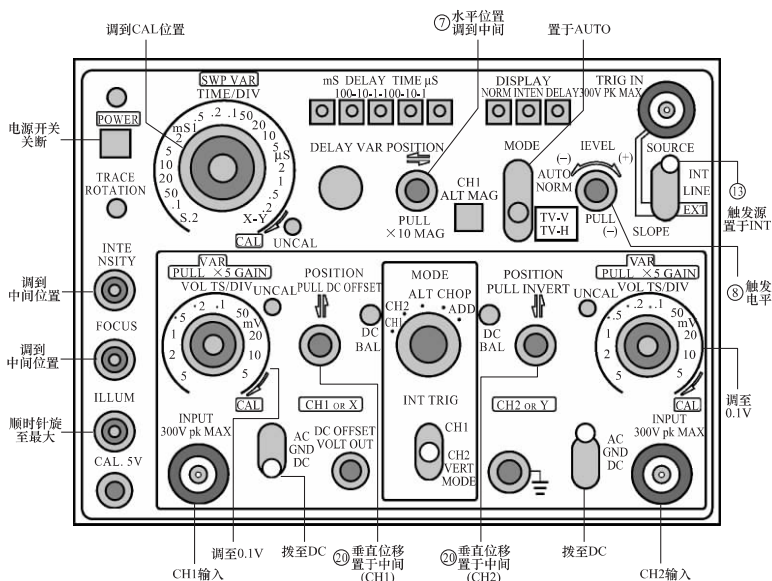


图 3-1 V-423 示波器开机前的设置

3.1.2 示波器的开机及调整

检测信号之前，先使示波器进入准备状态。按下电源开关（POWER）钮，这时电源指示灯亮，约 10s 后，屏幕上显示出一条水平亮线，这条水平亮线就是扫描线，然后再微调聚焦旋钮，使扫描线略为清晰，这时示波器的初始准备完成，如图 3-2 所示。

在测试信号之前检查探头、插头、引线电缆及键钮是否正常，还可以采用输入一个人身感应信号。简便的做法是用手摸一下示波器探头，此时在示波管上会出现一个规则的 50Hz 信号，或是检测一下示波器上的标准 1000Hz 信号。有波形出现表明示波器已处于准备状态，如图 3-3 所示。

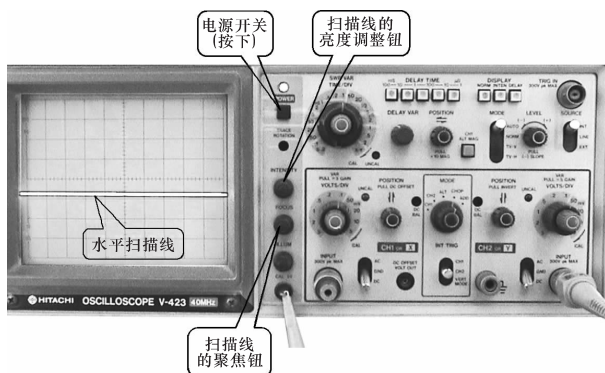


图 3-2 示波器各个键钮初始状态示意图

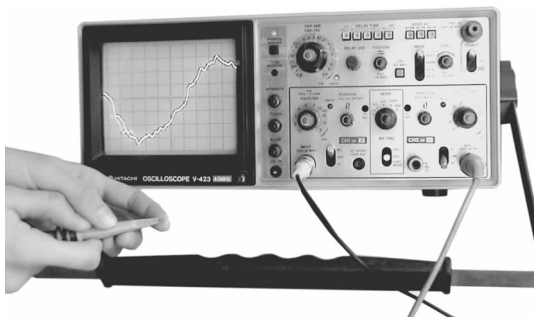


图 3-3 测人身感应信号的波形

3.2 示波器的基本操作方法

3.2.1 双踪示波器的键钮功能

下面我们以 LBD—522/523 双踪示波器为例，介绍示波器的键钮功能。图 3—4、图 3—5 是示波器 LBO—522/523 的前面板和后面板的结构图。表 3—1 是键钮的名称和代号。图中序号与表中序号相对应。

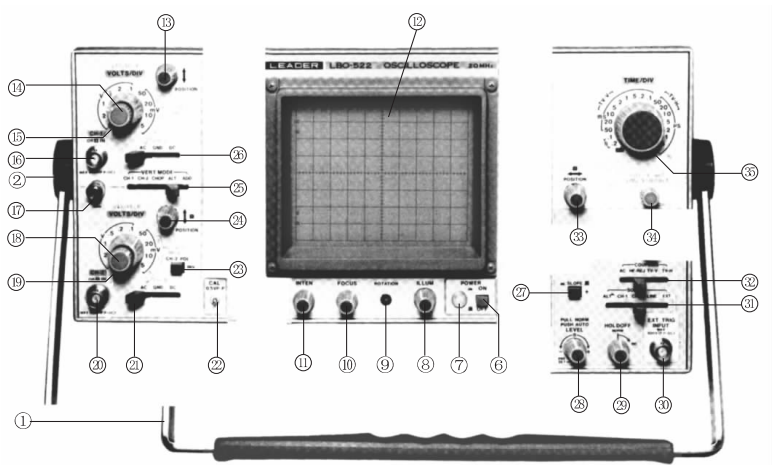


图 3—4 双踪示波器的前面板 (LBO—522)

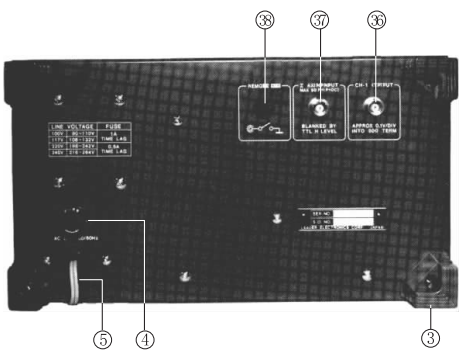


图 3—5 双踪示波器的后面板 (LBO—522)

表 3—1 示波器各个键钮设置

部 件 名 称	按钮功能设置
① 提手	示波器的支撑架
② 提手锁定钮	锁定在便于观测的角度
③ 支脚	立式使用时的支撑脚
④ FUSE (保险丝)	(220V 额定值) 0.5A
⑤ 电源线	接 220V 电源
⑥ POWER  /  ON/OFF (电源开关)	电源开关
⑦ 电源指示灯	接通电源后指示灯点亮
⑧ ILLUM (标尺亮度)	顺时针旋转标尺亮度变大
⑨ ROTATION (旋转调整)	如果扫描线不是水平的, 需要调整
⑩ FOCUS (聚焦)	聚焦调整钮
⑪ INTEN (辉度)	扫描线的亮度调整钮
⑬  (CH-1) (CH-1 垂直位置)	垂直位置调整钮
⑭ VARIABLE (CH-1) (CH-1 灵敏度微调)	CH1 输入信号幅度微调
PULL×10 (×10 挡)	拔出来扩展 10 倍
⑮ VOLTS/DIV (CH-1) (CH-1 灵敏度选择)	CH1 输入信号衰减开关
⑯ CH-1 IN (CH-1 信号输入端)	CH1 信号输入端
⑰ VARIABLE (CH-2) (CH-2 灵敏度微调)	CH2 输入信号幅度微调
PULL×10 (×10 挡)	拔出来扩展 10 倍
⑱ VOLTS/DIV (CH-2) (CH-2 灵敏度选择)	CH2 输入信号衰减开关
⑳ CH-2 IN (CH-2 信号输入端)	CH2 输入插座连接探头 LP-16BX (×1)



第 3 章 示波器的使用方法

续表

部 件 名 称	按钮功能设置
②① AC—GND—DC (CH—2) (CH—2 通道输入开	输入信号耦合方式开关
②② CAL 0.5V (校准信号端)	1kHz 标准信号输入端
②③ CH—2 POL. (CH—2 极性开关)	显示信号极性开关
②④  (CH—2) (CH—2 垂直位置)	CH2 信号垂直位置调整钮
②⑤ VERT MODE (垂直模式)	显示模式
②⑥ AC—GND—DC (CH—1) (CH—1 通道输入开关)	出入信号耦合方式开关
②⑦ SLOPE (极性开关)	
②⑧ LEVEL (触发电平)	同步微调钮
拉出 NORM/按下 AUTO	按下 (AUTO)
②⑨ HOLDOFF (同步时间)	同步方式钮
③① EXT TRIG INPUT (外触发输入)	外触发信号输入端
③① SOURCE (同步信号源)	同步基本开关
③② COUPLING (输入耦合)	输入耦合方式
③③  (水平位置)	扫描线水平位置微调
③④ 扫描速度微调	水平时间轴微调钮
PULL×10MAG (拉出×10)	拉出扩展 10 倍
③⑤ TIME/DIV (时间轴切换开关)	时间轴 (周期) 选择关系

现分别介绍图 3—4 及图 3—5 所示的双踪示波器的各种键钮的功能。

(1) 示波器外围部件。示波器外围部件为图中的①～⑤。①为提手。②为提手锁定钮。提手也可以作为示波器的支撑架，每调整一档为 22.5°。将示波器两侧的提手锁定钮完全按下，提手可

自由旋转，旋到适当的位置可自动锁定提手。③ 为支脚。支脚还可作电源线支架，如图 3-5 所示。④ 为熔断器座。熔断器可在示波器出现偶然电流过载时熔断，起保护作用。更换时逆时针旋转即可取下熔断丝。丝的电流值标在示波器后座板上。⑤ 为电源线。

(2) 示波器显示部分。示波器的显示部分的键钮为图中的⑥~⑫。⑥ 电源开关 (Power)。按下为接通 (ON)，再按一下，弹上来为断开 (OFF)。⑦ 为电源指示灯。⑧ 为刻度盘亮度控制 (ILLUM)。用于调整示波器示波管前的刻度盘的亮度，顺时针旋转增加亮度，反之则减弱亮度。调整时状态如图 3-6 所示。

⑨ 为旋转调整 ($\odot$ ROTATION)。用于微调扫描线的水平状态，如果扫描线有倾斜的现象，可用螺丝刀调整此位置。调整状态如图 3-7 所示。

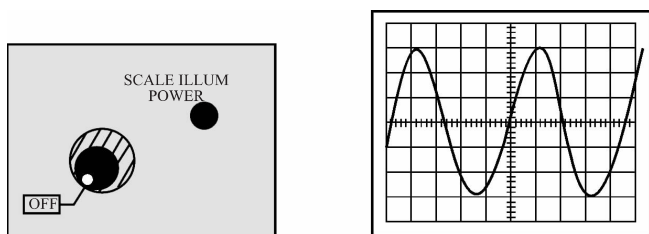


图 3-6 刻度盘亮度调整

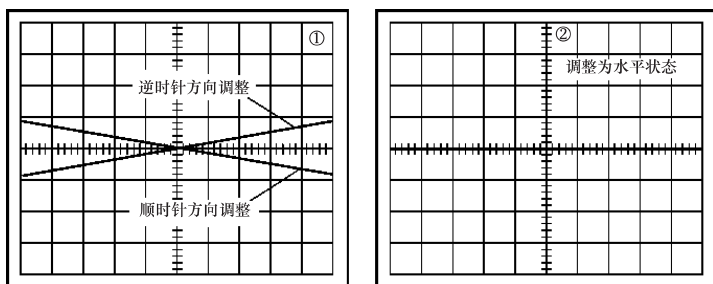


图 3-7 扫描线的旋转调整

⑩ 为聚焦调整 (FOCUS)。调整扫描线聚焦状态, 使扫描的波形最为清晰。⑪ 为辉度调整 (INTEN)。调整显像管显示波形的亮度, 顺时针调整可增加辉度。⑫ 为刻度盘。

(3) 示波器垂直扫描部分。示波器垂直扫描部分的键钮为图中的⑬~⑳。⑬为CH—1垂直位移钮(CH—1 Vertical Position Control)。对示波器显示的波形作垂直位置调整。⑭为CH—1灵敏度钮。对垂直输入信号的灵敏度微调(VARIABLE)。观察波形时对衰减挡⑮钮的每一挡可进行一定范围的连续微调,其范围为每挡的 $1/2, 5$ 。

当用于波形电压值的测量时，此钮顺时针旋至最大，即 CAL' D 位置，也称校正位置。

当拔出此钮时所测量的电压值应乘以系数 10，在这种情况下噪声会增加，而且频率范围会变窄（最大为 5MHz）。

当灵敏度挡超过 $500\mu\text{V}/\text{DIV}$ 时，此钮应当处于按下的位置。

⑮ 为 CH-1 垂直灵敏度切换开关 (VOLTS/DIV)。此开关是对⑯ CH-1 输入信号的衰减量进行切换控制的, 输入信号的衰减电路如图 3-8 所示。

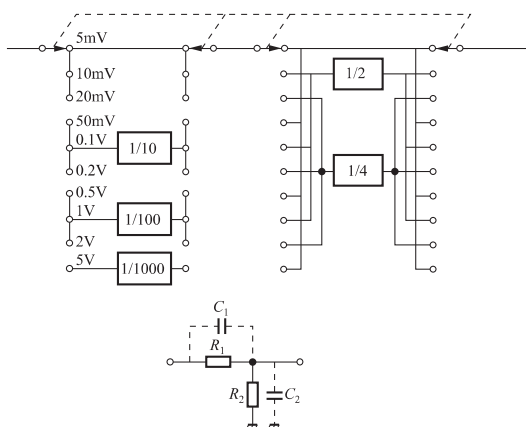


图 3-8 输入信号衰减电路

根据输入信号的幅度，调整衰减量使示波管上显示的波形大小适当。对于 X-Y 操作方式，此开关可改变 X 轴灵敏度。垂直灵敏度切换键和微调的实例如图 3-9 所示。

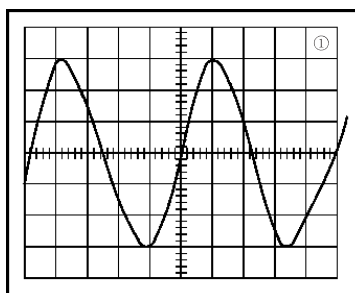
⑮ 为 CH-1 输入端。被测的信号既输入到此端，也可送入 CH-2 端。此端内有输入信号放大器，在 X-Y 工作方式时，此端作为 X 轴信号放大器。

⑯ 为接地端。

⑰ 为 CH-2 灵敏度钮。Y 轴灵敏度微调钮 (VARIABLE) 拔出时放大 10 倍，与 ⑭ 钮相同。

⑱ 为 CH-2 灵敏度切换开关。此开关是对 ⑳ CH-2 输入端信号的衰减量进行切换控制的。对于 X-Y 操作方式，此开关可改变 Y 轴的灵敏度。

㉑ 为 CH-2 输入端。此端内设有 CH-2 垂直放大器，在 X-Y 操作方式时，此端作为 Y 轴放大器。



- ① VOLTS/DIV=1V/DIV
VARIABLE=CAL
- ② VOLTS/DIV=2V/DIV
VARIABLE=CAL
- ③ VOLTS/DIV=1V/DIV

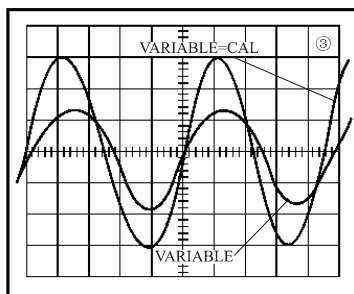
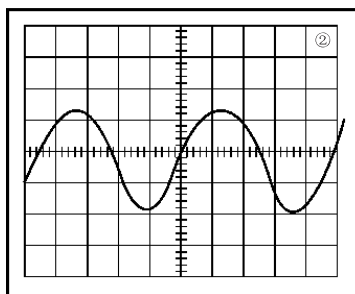


图 3-9 VOLTS/DIV 和 VARIABLE 的调整例

⑲ 为交流—地—直流切换开关 (AC—GND—DC)。此开关是对 CH—2 的信号进行切换控制的。⑳ CH—2 的输入信号内有一个输入信号切换开关, 此开关有三个位置, 如放置在交流 (AC) 位置, 信号经耦合电容后送入输入信号放大器将直流去掉而只通过交流信号, 示波器显示信号的交流成分。此开关如放置在直流 (DC) 位置, 则信号不经电容, 保留信号中的直流分量, 直接送到放大器, 此时示波管显示的信号包含直流分量。如果此开关在 GND 位置, 则放大器输入端接地, 显示的波形是一条直线。此直线的位置为地电平 (0 电平)。

㉑ 为校准信号端 (CAL 0.5 V)。此端输出标准方波信号, 频率为 1kHz, 幅度为 0.5 V。

㉒ 为 CH—2 极性开关。当需要观测 CH—2 反极性的波形时将此键按下。再按一下此键弹起, 恢复正常极性。

㉓ 为 CH2 垂直位置调整 (Vertical position adjustment)。

㉔ 为 CH2 垂直模式选择开关 (VERT MODE)。此模式开关有五挡分别为 CH—1、CH—2、CHOP、ALT 和 ADD。

当开关处于 CH—1 位置时, 示波器只显示由 CH—1 输入信号的波形。

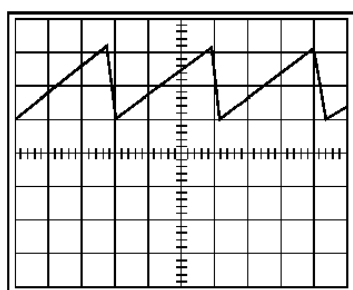
当开关处于 CH—2 位置时, 示波器只显示由 CH—2 输入信号的波形。

当开关处于 CHOP 位置时, 即为快速切换显示方式。为了能显示两个信号波形, 选择 CHOP 时, 扫描驱动以 250kHz 的方波高速切换, 显示成虚线。

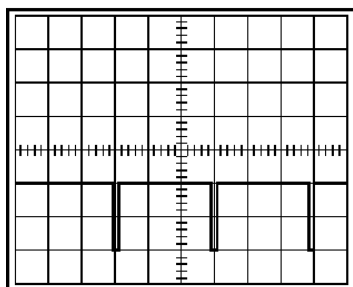
当开关处于 ALT 位置时, 两个输入信号的波形交替显示。

当开关置于 ADD (Addition) 位置时, CH—1 和 CH—2 两输入信号进行加法处理并显示, 示波管上显示出的波形为两个信号的代数和。在这样状态下, CH—2 信道的极性开关 ㉒ 被置于反极状态, 则显示波形为两个信号的差, 即进行减法运算。上述各种状态的观测波形如图 3—10 所示。

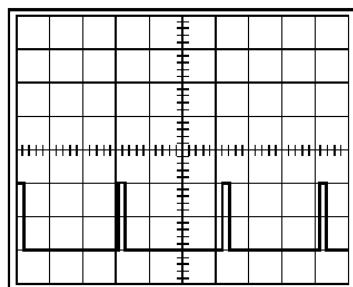
㉕ 为 AC—GND—DC (交流—地—直流开关)。它是对 CH—1 输入信号进行切换的开关, 功能与 ㉑ 开关相同。



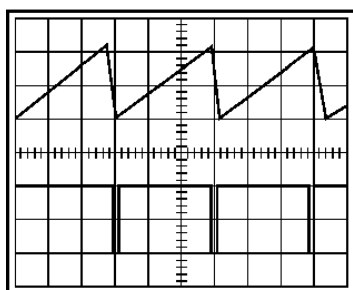
CH1



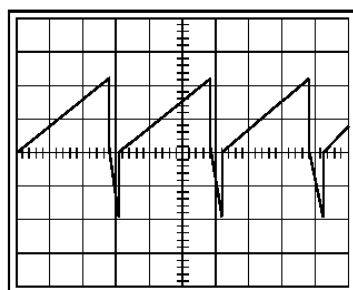
CH2



CH2 INV: ON



ALT CHOP



ADD

图 3—10 各种扫描模式的波形

(4) 示波器的同步系统。同步系统的控制、调整按钮为 ⑳～㉔。示波器同步系统的控制按钮位置如图 3-11 所示。

㉔ 为 CH-1 极性开关 (SLOPE+/-)。当扫描系统需要正极性触发的时候，将按钮置于“+”的位置；需要负极性触发时，将按钮置于“-”的位置。在观测电视信号时往往需要选择同步信号为正极性还是负极性，一般正弦波不用选择极性，两者均可。

㉔ 为 LEVEL (触发电平，即同步状态调整)。触发电路和极性开关如图 3-12 所示。此按钮拔出来时是正常状态 (NORM)，按下去为自动状态 (AUTO)。

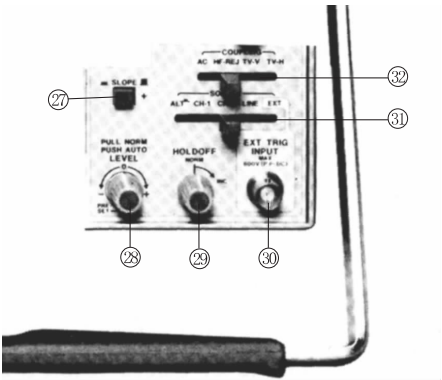


图 3-11 示波器同步系统的控制按钮位置

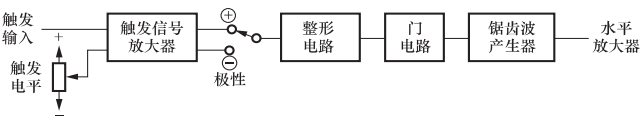


图 3-12 触发电路的结构

此钮在正常位置时，一边观察波形，一边微调，使波形稳定在屏幕上。

当此钮在预置状态 PRESET，即逆时针旋到最左，波形的起始点在中间位置，如图 3—13 所示。

触发电平与 SLOPE 的极性的关系如图 3—14 所示。

②⑨ HOLDOFF (Variable knob) 脱出同步。这是一种扫描静止时间的调整电路，如图 3—15 所示，主要用于观测数字信号时使用。当旋转此钮（顺时针）至 INC 位置时，暂停时间变长，显示亮度增加。

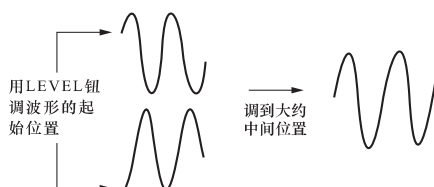


图 3—13 用 LEVEL 钮调波形的起始位置

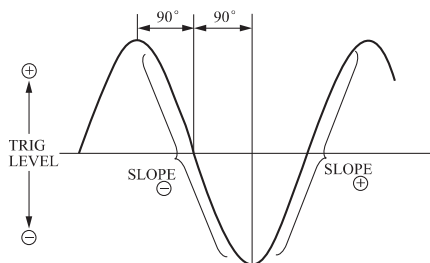


图 3—14 触发电平与 SLOPE 的极性

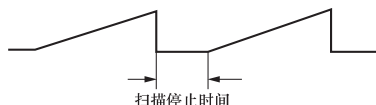


图 3—15 HOLDOFF 功能

在正常状态，即旋钮的白色标记置于 NORM 位置，旋钮内有凹槽的位置处于中间。

当需要同步显示脉冲列时，此钮应旋转到接近静止的位置。此时，如果③④钮 VARIABLE 旋到保持静止的位置时，不能进行时间测量，因为③⑤键钮的时间轴键不在校准位置），如图 3—16 所示。

③⑥ EXT. TRIG. INPUT（外触发输入）。这是外同步信号的输入插座。

③⑦ SOURCE（同步信号源）。示波器 X 轴扫描电路中同步信号的切换开关，它通常可以有如下五种选择。

ALT：当交替将 CH—1 和 CH—2 的输入信号作为外同步的触发信号。在这种情况下，③⑧键也应当选择 ALT 方式。如果③⑧键处于 CH—1、CH—2 或 ADD 位置，而 SOURCE 键处于 ALT 位置，可以实现同步显示。

CH—1：被测信号送入 CH—1 时，同步源开关也应置于 CH—1。

CH—2：被测信号送入 CH—2 时，同步源开关也应置于 CH—2。

LINE 触发（电源同步）：此位置是将电源供电的信号作为时间轴的同步信号源。

EXT. TRIG（外同步）：此位置是以外部的同步输入信号作为同步信号源，外部同步信号加到③⑥插座。

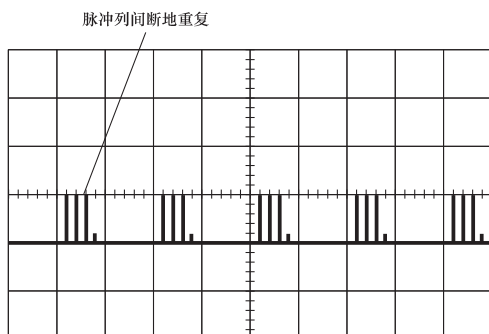


图 3—16 显示脉冲列的波形

⑳ 耦合方式选择开关 (COUPLING)。同步信号的耦合电路如图 3-17 所示, 其耦合方式可以有 4 种选择。

1) AC: 开关置于 AC 位置, 即同步信号的输入选择交流方式, 输入放大器用电容 ($0.1\mu\text{F}$) 将直流去掉, 交流信号频率为 $2\text{Hz}\sim 20\text{MHz}$ 。示波器通常都选择这种方式。然而, 当同步使用低于 30MHz 的信号时, ㉑ 钮应当置于弹出状态的正常位置 (NORM)。

2) HF REJ (消除高频分量): 当所测量的信号小于 10MHz 时, 开关置于此位置可使输入的同步信号进行高频衰减, 将高于 100kHz 的噪声和寄生振荡信号消除。HF REJ 即消除高频分量以便得到稳定的同步。消除高频电路的功能如图 3-18 所示。

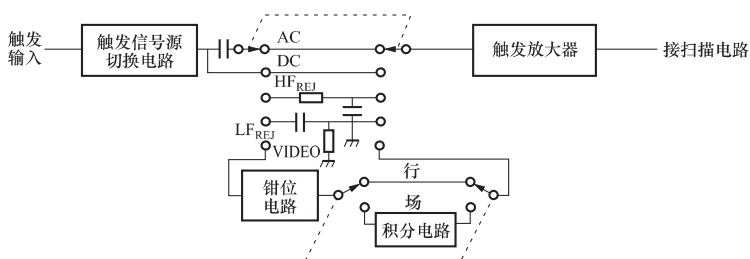


图 3-17 触发耦合电路的结构

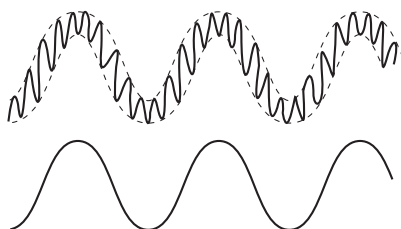


图 3-18 消除高频电路的功能

3) TV-V (电视一场): 当检测电视机、录像机及影碟机等设备中的视频信号时, 如果想观测视频的场信号, 将开关置于 TV-V 位置。此时将视频信号中的场频或帧频作同步信号。使观测的一场或几场图像信号稳定。如图 3-19 (a) 所示。

4) TV-H (电视一行): 当检测电视机、录像机及影碟机等设备中的视频信号时, 如果想观测视频的行信号, 将开关置于 TV-H 位置。此时示波器将视频信号分离出的行同步信号作为示波器的同步基准。这样便能观察到一行或几行稳定的图像信号。如图 3-19 (b) 所示。

(5) 示波器的扫描系统。示波器扫描系统的控制键钮如图 3-20 中所示的 ③③~③⑤。

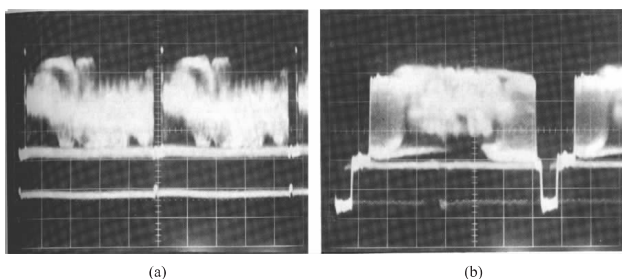


图 3-19 观测场信号和行信号的波形
(a) 1 帧 (2 场) 电视信号; (b) 1 行电视信号

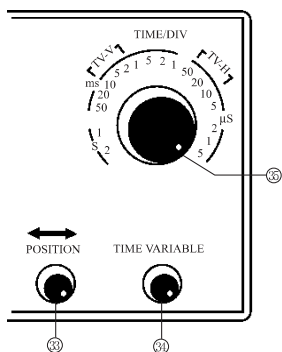


图 3-20 示波器的扫描部分按钮位置图

⑳ 为水平位移扫描速度微调钮 (X POSITION)。调整此钮可以使示波管上显示的波形在水平方向左右移动, 使波形显示在示波管中间位置。在 X-Y 操作方式, 调整此钮可实现对 CH-1 的水平位置调整。

㉑ 为扫描速度微调钮 (TIME VARIABLE)。此钮在时间挡的范围内可连续进行微调。如要进行时间测量, 则此钮要旋至校正的位置 (CAL'D), 即顺时针旋至最大。当此钮弹出时, 时间轴将扩展 10 倍, 即 PULL $\times 10$ MAG。10 倍扩展钮的使用如图 3-21 所示。

㉒ 为时间轴切换开关 (TIME/DIV)。此开关用于时间轴的选择, 即水平轴每格所表示的时间, 用于测量信号波形的周期。示波器刻度为每格 10mm, 等效为时间长度。例如周期为 20mm, 当开关挡为 0.5ms/DIV 时, 即每格 (10mm) 相当于 0.5ms, 则该信号的周期为 1ms。

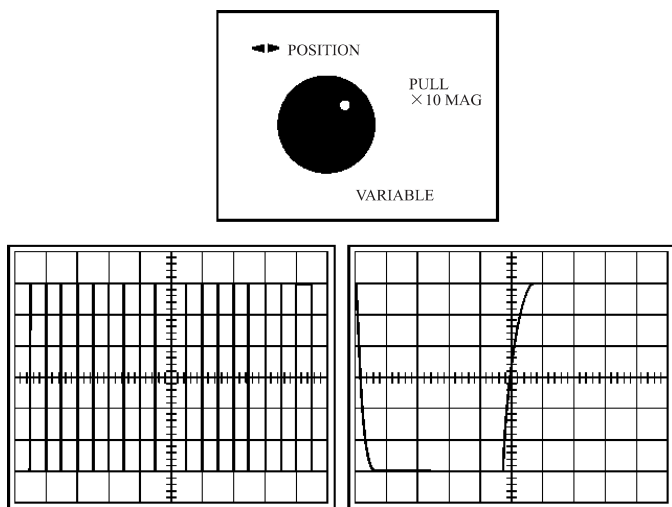


图 3-21 10 倍扩展钮的使用

当此开关置于 X-Y 方式时，示波器作为 X-Y 的显示器。此时，CH-1 输入的信号作为 X 轴信号，CH-2 输入的信号作为 Y 轴信号。

扫描时间及微调结合调整的实例如图 3-22 所示。

(6) 后面板的按钮。后面板上的旋钮见图 3-5 中 ③⑥~③⑧。

③⑥ 为 CH-1 输出端 (CH-1 OUTPUT)。输入到示波器 CH-1 的被测信号，经放大和缓冲后也可以从插座 ③⑥ 输出，其阻抗为 50Ω 。信号幅度约为 100mV 。

③⑦ 为 Z 轴输入端 (Z AXIS INPUT)。强度调制信号由此端输入。

③⑧ 为 X-Y 输入端 (REMOTE X-Y)。当时间开关 ③⑤ 置于扫描时间挡，而不是 X-Y 状态时，此 BNC 端子的中心导体被接地。

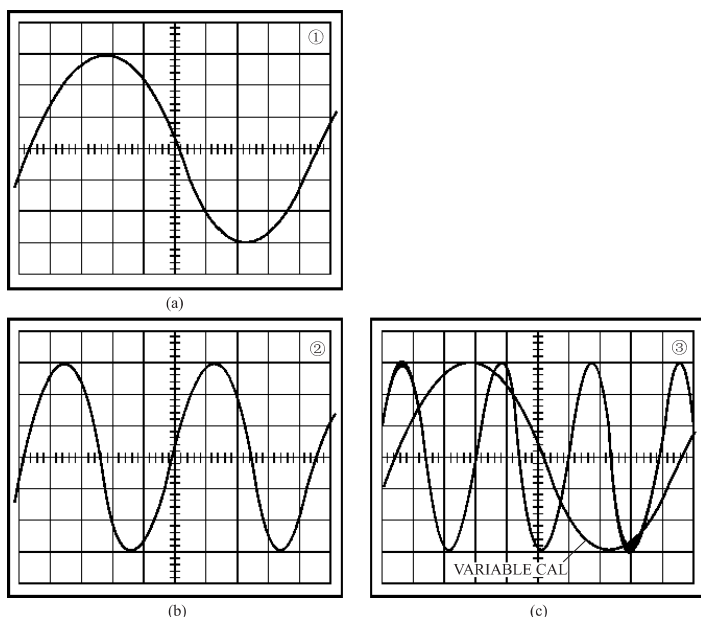


图 3-22 扫描时间及微调钮的结合使用例

(a) SWEEP TIME/DIV = $1\text{ms}/\text{DIV}$, VARIABLE = CAL;

(b) SWEEP TIME/DIV = $2\text{ms}/\text{DIV}$, VARIABLE = CAL;

(c) SWEEP TIME/DIV = $1\text{ms}/\text{DIV}$

3.2.2 初次使用示波器的操作过程

1. 示波器初始状态设定

当第一次使用示波器时，或是在对示波器进行校准、检查等工作时，应使示波器处于初始准备工作状态，将示波器上的按钮开关置于如下表 3—2 所列的位置。这样接通电源，示波器就能显示出一根水平扫描线。

表 3—2 示波器初次使用前各键钮的位置

设 定 位 置	部 件 名 称
④ FUSE (熔丝)	(220V 额定值) 0.5A
⑤ 电源线	初始设定完成后插入 220V 电源
⑥ POWER  ON/OFF (电源开关)	初始设定完成后按下电源开关
⑧ ILLUM (标尺亮度)	顺时针旋至最大
⑨ ROTATION ^① (旋转调整)	如果扫描线不水平，需要调整
⑩ FOCUS (聚焦)	将旋钮的白色标记对准中间位置
⑪ INTEN (辉度)	将旋钮的白色标记对准中间位置
⑬  (CH—1) (CH—1 垂直位置)	将旋钮的白色标记对准中间位置
⑭ VARIABLE (CH—1) (CH—1 灵敏度微调)	顺时针旋至最大到 CAL'D 位置
PULL×10 (×10 挡)	按下
⑮ VOLTS/DIV (CH—1) (CH—1 灵敏度选择)	0.1V/DIV
⑯ CH—1 IN (CH—1 信号输入端)	空
⑰ VARIABLE (CH—2) (CH—2 灵敏度微调)	顺时针旋至最大到 CAL'D 位置
PULL×10 (×10 挡)	按下
⑱ VOLTS/DIV (CH—2) (CH—2 灵敏度选择)	0.1V/DIV

第 3 章 示波器的使用方法

续表

设 定 位 置	部 件 名 称
㉔ CH-2 IN (CH-2 信号输入端)	连接探头 LP-16BX (×1)
㉕ AC-GND-DC (CH-2) (CH-2 通道输入开	DC
㉖ CAL 0.5V (校准信号端)	接到探头上将信号送入 CH-2
㉗ CH-2 POL (CH-2 极性开关)	■弹出状态 (NORM)
㉘  (CH-2) (CH-2 垂直位置)	将旋钮的白色标记对准中间位置
㉙ VERT MODE (垂直模式)	ATL
㉚ AC-GND-DC (CH-1) (CH-1 通道输入开关)	DC
㉛ SLOPE (极性开关)	■+
㉜ LEVEL (触发电平)	逆时针旋至最左侧到预调 (PRESE) 位置
拉出 NORM/按下 AUTO	按下 (AUTO)
㉝ HOLDOFF (同步时间)	逆时针旋至最左为正常 (NORM) 位置
㉞ EXT TRIG INPUT (外触发输入)	空
㉟ SOURCE (同步信号源)	CH-2
㊱ COUPLING (输入耦合)	AC
㊲  (水平位置)	将旋钮的白色标记对准中间位置
㊳ 扫描速度微调	顺时针旋至最大为 CAL'D 位置
PULL×10MAG (拉出×10)	按下
㊴ TIME/DIV (时间轴切换开关)	0.5ms/DIV

按表 3—2 所示的要求检查各按钮的位置后，将示波器电源插头插到 220V 交流插座上。然后按下电源开关（POWER）⑥键，于是电源指示灯⑦亮。约 10s 后，方波或是扫描线显示在屏幕上。

接着调整聚焦钮⑩，使扫描线最清晰。如果扫描线不是在水平状态，应使用螺丝刀微调旋转钮⑨ROTATION，使之平行于刻度盘上的横线。

2. 使用校准波形进行增益检查

示波器的校准信号输出端⑳CAL 输出有 1kHz、0.5V 的方波信号，可以利用这个信号对垂直轴的增益或衰减量进行校正，也可以对时间轴进行粗略的校正。如图 3—23 所示。

图 3—23 是将校准信号加到 CH—2 的输入端，即将 CH—2 的探头钩到⑳CAL 信号端上，此时示波器探头用 $\times 1$ 挡，CH—2 的垂直灵敏度开关置于 0.1V/DIV。在示波管上显示方波的幅度为 5 格，每 DIV（格）为 0.1V，幅度则为 0.5V，表明此时 CH—2 垂直灵敏度 0.1V/DIV 挡增益正确。

然后观察水平轴，将水平轴（时间轴）置于 0.5ms/DIV，方波的周期为 2DIV（格）。信号的周期 $T = 2 \times 0.5 = 1$ （ms），频率为 $f = 1/T = 1000\text{Hz}$ ，表明时间轴开关是正确的。

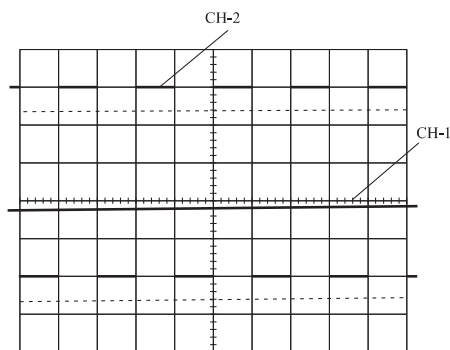


图 3—23 校正信号的波形

3.3 示波器探头的使用方法

3.3.1 如何使用低电容直接探头

示波器探头是将被测电路的信号传送到示波器输入电路的装置。LBO—522/523 自带有 LP—16BX 探头，它具有 $\times 1$ 挡和 $\times 10$ 挡，是一种性能较好的探头。

示波器的最大输入电压为交流有效值 250V 或直流 600V。使用时，被测信号的幅度不得超过此值。

(1) $\times 10$ 挡位置。

- 1) 探头的输入阻抗为 $10\text{M}\Omega$;
- 2) 输入电容小于等于 25pF ;
- 3) 校正范围为输入电容可在 $20\sim 40\text{pF}$ 范围内调整;
- 4) 衰减系数为 $1/10\pm 2\%$;
- 5) 频率范围为 $\text{DC}\sim 40\text{MHz}$ 。

(2) $\times 1$ 挡位置。

- 1) 输入阻抗为 $1\text{M}\Omega$;
- 2) 输入电容小于等于 250pF ;
- 3) 频率范围： $\text{DC}\sim 5\text{MHz}$ 。

用示波器检测电路时，示波器的内阻会对被测电路有一定的影响，这是因为会有一定的信号电流流入示波器。例如用示波器检测振荡器时，相当于有附加的电阻、电容接到电路上，振荡器会因此而受到影响，有可能使振荡频率发生变化。一般来说探头使用 1×10 挡，所造成的影响会小一些。

3.3.2 示波器探头的使用过程

LP-16BX 探头的结构如图 3-24 所示，它的一端具有一个挂钩，检测波形时可以钩到电路的元件引脚上，挂钩外有一个护套，内有弹簧。检测时用手将护套拉下，挂钩才露出来。探头中间有一个接地环和接地夹，用于与被检测的电路地线相连。使用时如果没有正确接地，就不能正常检测波形。在探头的尾部有一个衰减转换开关，旋转下部的套筒形旋钮可以进行 $\times 1$ 挡或是 $\times 10$ 挡的选择。在手柄下部标有选择指示， $\times 10$ 挡即表示检测送入的信号被衰减 $1/10$ ，因此示波器上的观测的值要乘以 10。探头通过电缆将信号送到示波器的信号输入端，因此探头电缆的另一端有一个 BNC 型插头，在插头的部分有一个校正电容的调整端。从图 3-24 下部可见，逆时针旋转挂钩护套，可以将挂钩部分卸下来，露出探头的探针，在检测密度很高的电路板时，可用探针点到检测部位，以免与其他元件短路。

(1) 在 $\times 10$ 挡测量。示波器探头在 $\times 10$ 挡，具有高阻抗和低电容的特性。但是输入电压的幅度被衰减为 $1/10$ ，在测量时注意这个特点。即

测量的电压值 = 示波器灵敏度 (V/DIV) $\times$ 屏幕幅度 $\times 10$ 。

例如示波器灵敏度挡为 $1\text{V/DIV} \times$ 屏幕幅度 $5\text{DIV} \times 10$ ，则测量电压值应为 50V 。

注意，在 $\times 10$ 挡测量信号波形，必须调整探头上的电容，使方波的顶部平直。

(2) 在 $\times 1$ 挡测量。在 $\times 1$ 挡测量实际上就是被测量信号直接送到示波器，而没有衰减。因此输入电容比较大，约为 250pF 。测量时必须考虑这个因素。

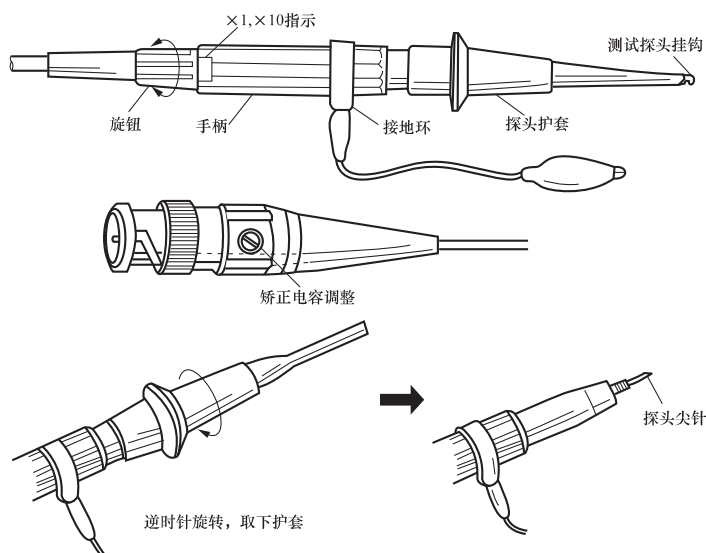


图 3-24 LP-16BX 探头的结构

〔知识点〕 购买示波器通常附带探头，为防止测量时发生短路，在探头的前部设有护套。一般检测分立元件的电子电路，用探头的挂钩钩住元件引脚即可。检测大规模集成电路时，由于引脚间距小，需要将护套拧下，用尖针检测。如果要测量高压和超高压电路，应选购专门的高压探头。

3.4 示波器的波形如何稳定

3.4.1 影响显示波形稳定的因素

在使用示波器观测波形时，如何使波形稳定地显示在示波管上是使用者最关心的问题。表 3—3 是影响示波器信号同步的几个重要因素。在进行波形观测时要注意检查。

表 3—3 影响示波器同步的因素

检查项目	扫描基准	按钮状态
同步扫描的方式	自动扫描 (AUTO) 同步扫描 (NORM)	⊗ 键按下 ⊗ 键弹起
同步信号源的选择 (SOURCE)	内部信号 (CH-1) CH-1/2 交替 内部信号 (CH-2) 电源信号 外部输入信号	CH-1 } ALT } CH-2 } ① LINE } EXT }
同步信号的耦合 (COUPLING)	AC 耦合 HF 高频消除 TV-V 外部信号 (电视一场信号) TV-H 外部信号 (电视一行信号)	AC } HF-REJ } TV-V } ② TV-H }
同步位置的选择 (LEVEL, SLOPE, and HOLDOFF)	波形起始点变化 位置 (LEVEL) 波形的极性选择 (SLOPE) 同步的时间 (HOLDOFF)	⊗ 钮 ⑦  / -  ⑨ 钮

观察一个信号的波形，主要操作步骤如下：

- (1) 触发模式⊗开关按下，置于自动 (AUTO) 位置。
- (2) 同步信号源①开关置于 CH-1 或 CH-2。
- (3) 耦合开关②置于 AC (交流) 位置。
- (4) 触发电平⊗拔出来，置于预调 (PRESET) 位置。
- (5) 极性键置于一或+位置。
- (6) HOLDOFF⑨钮的白色标记旋至中间正常位置 (NORM)。

3.4.2 同步扫描的方式

一般观测频率为 50Hz 或更高一些频率的信号波形时使用自动同步方式 (AUTO) 即可, 如图 3-25 所示。但比较复杂的信号可能同步不良。在自动同步状态, 无触发脉冲时, 扫描电路自动置于自由振荡状态, 显示水平扫描线, 不管 ③⑤ 开关的扫描时间置于何处。

如果触发电平不正确, 信号波形可能会移出屏幕, 此时应将 ②⑧ 键弹出置于 NORM (正常) 位置。



图 3-25 同步模式的选择开关

3.4.3 同步信号源的选择 (参照图 3-25)

(1) 内同步 INT (Internal)。测量时同步信号一般取自示波器的内部, 对于信号送入 CH-1 的情况, 开关③内同步信号源的选择应置于 CH-1 位置; 如被测信号送入 CH-2, 则开关③置于 CH-2。

(2) 双踪交替显示状态 (ALT)。此时, 如果输入的两信号之间存在同步关系 (频率成整数倍关系) 内同步信号源选 CH-1 或 CH-2 都能得到稳定的波形显示。如果输入的两个信号之间不存在同步关系, 开关③要置于 ALT 位置。

(3) LINE。当检测整流滤波电路时, 同步信号源开关③应置于 LINE 位置, 此时, 电源 50Hz 的信号作为扫描同步信号。

如果被测的两个信号频率是相同的, 同步信号源选任何一个都可以得到同步显示; 如果被测的信号频率不同, 则同步信号源应选较低频率的信号作扫描基准。

(4) 如果被测设备或电路本身有同步关系的信号, 该信号可从外触发信号输入端送入, 作为同步基准, 这种情况, 内/外同步源选择开关应置于 EXT (外同步) 位置。

3.4.4 关于同步信号的耦合方式问题

(1) 正常信号波形的观测。将同步信号的耦合开关置于 AC (交流) 位置时, 同步基准信号是经过一个电容送到扫描电路, 这种状态直流分量被隔离, 只有交流信号才能通过电容, 频率必须大于 2Hz。此时, 同步耦合方式取交流方式, 但并不影响所观测信号波形的直流分量。

(2) 信号波形上叠有噪声的情况。如果所观测的信号波形上叠有较大的高频噪声, 可能会影响显示的同步。此时, 应将耦合方式开关⑳置于 HF-REJ 位置, 消除同步信号中的高频噪声, 得到稳定的信号。

(3) 关于电视信号的观测。电视视频信号中包含有行、场同步信号, 因此同步扫描电路取行频信号作扫描基准还是取场频信号作扫描基准, 效果是不同的。该示波器中设有视频信号的行场同步分离电路, 它可以自动从输入的视频信号中分离出行同步信号和场同步信号。

同步耦合方式开关㉑置于 TV-V 时, 电路将场同步信号送到扫描电路作基准信号, 此时视频的场信号可以得到同步显示。如果将开关㉑置于 TV-H 时, 电路将行同步信号作为扫描基准, 此时视频的行信号可以得到同步显示。

此种观测状态开关 SLOPE (㉒键) 用于控制显示视频信号波形的极性, 正极性或者是负极性。

3.4.5 关于同步位置的选择

(1) 显示波形的相位调整。在触发型扫描示波器中，通过调整触发电平钮⊗可以调整显示波形的起始点，即波形的起始相位，如图 3—26 所示。

触发电平调整钮⊗的部位如图 3—27 所示。

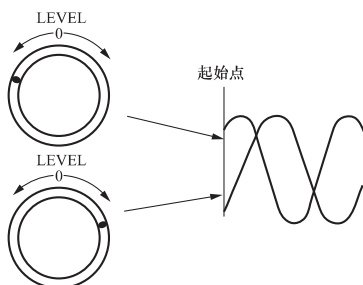


图 3—26 调整触发电平与波形的相位



图 3—27 触发电平调整钮的部位和标记

(2) 噪声的影响。如果被测信号波形上叠有噪声，并且触发电平选择的波形起始点正处于噪声位置，此时会影响波形的同步，即如图 3—28 所示会有许多波形重叠显示，调整触发电平⊗钮使波形起始位置错开噪波，会使显示的波形稳定。

(3) 波形极性的选择 (SLOPE)。当观测一个方波信号时，波形基本上是稳定的，只是在波形下降沿会有跳动。如图 3—29 所示。这种情况应选择极性开关⑦为正极性，如果选择负极性则上升沿和下降沿都会出现跳动。

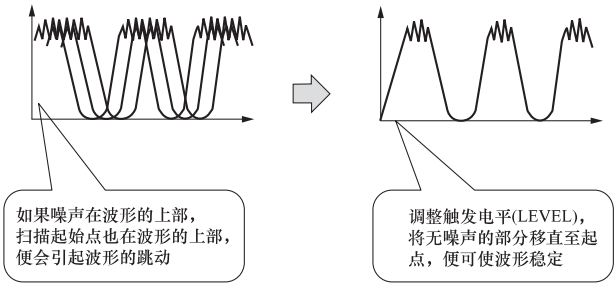


图 3—28 叠有噪声的波形

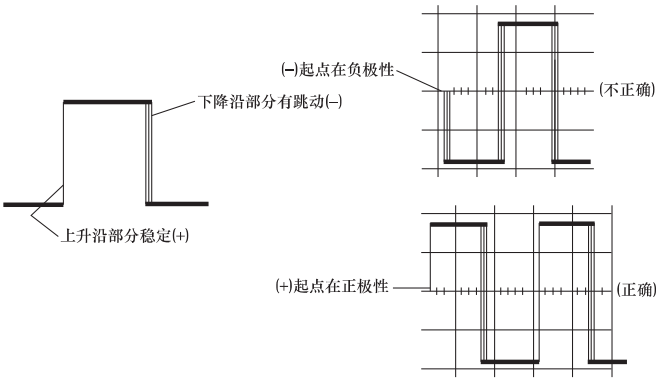


图 3—29 极性开关的选择

(4) 断续脉冲列的同步问题 (A HOLDOFF)。对于观测断续脉冲列 (具有重复周期) 的情况, 如图 3—30 所示, 有可能显示出错误的波形, 这种情况应当调整 HOLDOFF 钮^㉔, 使显示的波形正确。

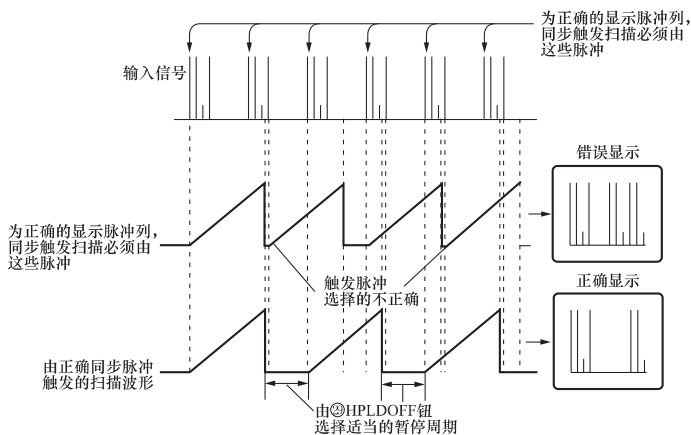


图 3—30 断续脉冲列的显示波形

3.4.6 CH-1 的输出端

示波器观测的信号如果送到 CH-1 输入端, 在示波器后面板的 ③⑥ 端也会有输入的信号, 此信号是由 CH-1 输入端经放大和缓冲级后送到该端的, 此信号还可以由此端输出送到其他设备使用。此输出端的输出阻抗为 50Ω 。此输出端的输出电压约为每格 100mV 。此输出端的频率响应: $0 \sim 20\text{MHz}$, 3dB ; $\text{AC}10\text{Hz} \sim 20\text{MHz}$, 3dB 。

此信号的幅度是与示波管屏幕上显示的幅度成正比, 例如示波管上的波形幅度为 5DIV , 则此处输出电压幅度为: $5\text{DIV} \times 100\text{mV}/\text{DIV} = 500\text{mV}$ 。

一般来说将此端接到频率计数器上, 在测量波形的同时还可以测量信号的频率。

如果配合使用 ⑭、⑱ 键的拉出挡, 可以得到最大 $500\mu\text{V}/\text{DIV}$ 的高灵敏度, 相当于计数器增加了超高灵敏度的功能。

因此, 示波器还可以作为高灵敏度宽带放大器使用, 将信号送入 CH-1, 输出端 ③⑥ 可得到放大后的信号。

CH-1 输出端在示波器上的位置如图 3-31 所示。

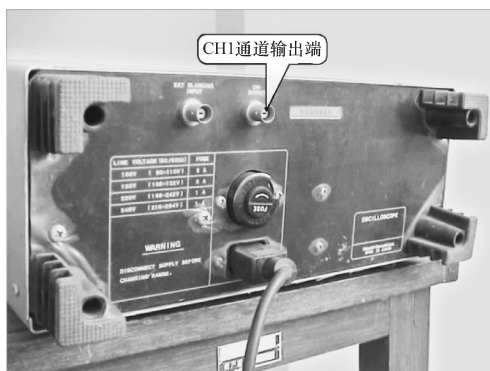


图 3-31 CH-1 信号的输出接口

3.5 示波器按钮的调整过程

3.5.1 衰减钮的功能使用

被测信号的幅度和频率是不变的，通过幅度钮和时间轴旋钮的调整，可以改变在示波管屏幕上的大小和疏密程度，以便更清晰地观测波形。将检测的两个信号分别从 CH1 和 CH2 送入示波器，根据输入信号的大小将显示电压幅度的衰减钮（VARIABLE）调整到合适的位置。比如从通道 CH1 输入一个信号，从示波管刻度盘上看一个格是 10mm，从波形上我们可以看出是 1.0V/格，如图 3—32 所示。把衰减钮调到 0.2V/格挡，这时显示的信号波形占 2.5 格，它的信号幅度是 0.5V，所以 2.5 格仍然是 0.5V，它的幅度信号如图 3—33 所示，这是根据输入信号的大小选择的衰减挡，以便观察波形较为清楚。衰减挡是由同心的两个旋钮构成的，外圆黑色的大旋钮是幅度衰减调整，当我们把衰减挡调到 1V/格时，在示波管上显示的波形如图 3—34（a）所示。当我们把红色按钮拔出来时可以看到波形扩大 10 倍。如果信号幅度很小，用原来的挡看不清楚时，便可以使用此按钮。如图 3—34（b）所示。

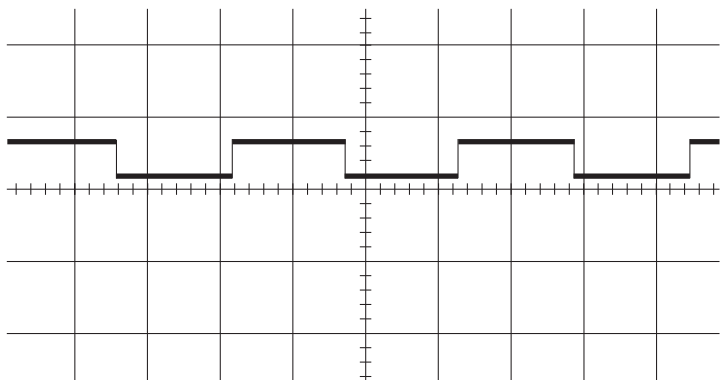


图 3—32 示波器衰减挡在 1.0V 时的信号波形

放大波形时拉出旋钮的状态如图 3—35 所示。

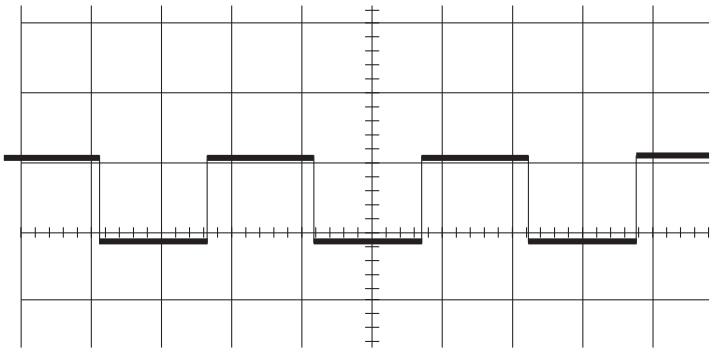


图 3—33 每格 0.5V 的波形

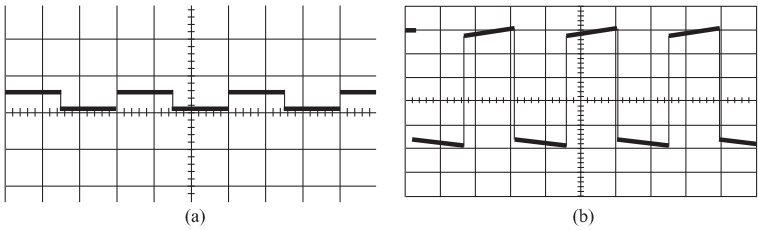


图 3—34 波形比较图

(a) 1.0/格的波形；(b) 放大 10 倍的波形



图 3—35 幅度扩展钮的位置

3.5.2 周期钮的功能和使用

周期调整就是改变时间轴的长度，输入信号的周期就是输入信号频率的倒数，从水平方向（X 轴）上观察信号的波形，每格是 1ms，一毫秒是一个周期，表明这个信号是 1kHz，周期就是 1/1000s，如果信号频率发生变化，需要改变周期挡，以便看得清楚。现在我们将周期旋钮调到 0.5ms/格挡，一个格代表 0.5ms，一个周期是 2 个格，信号的周期 $T = 2 \times 0.5 = 1\text{ms}$ ， $f = 1/T = 1000\text{Hz}$ ，这表明时间轴开关是正确的，如图 3-36 所示。我们在使用示波器的时候，为了能够很快看出信号的频率（周期）以及幅度可以利用示波器上的校准信号，即 CAL 0.5VP-P，它是示波器本身产生的一个 0.5V 1000Hz 的标准信号，当我们把探头加到标准信号上时，看一下示波管上的波形，这时波形显示为 Y 轴每

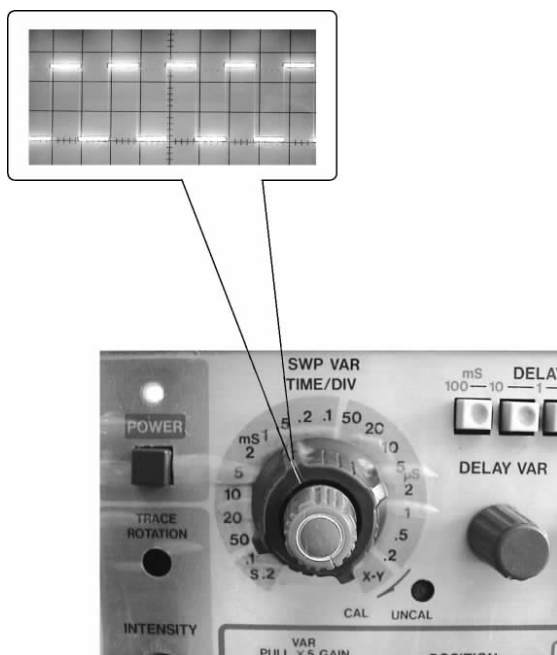


图 3-36 1kHz 信号波形

第3章 示波器的使用方法

个格是 0.5V ，X 轴每个格是 0.5ms ，用以检查示波器显示的电压挡和周期挡是否正确，如图 3—37 所示。然后我们再检测其他的信号，就可以比较准确地测得信号的频率和周期，所以校准信号是很有用处的。但如果只需要看一下信号波形，可以不必进行校正，只要看清楚波形的形状就可以了。

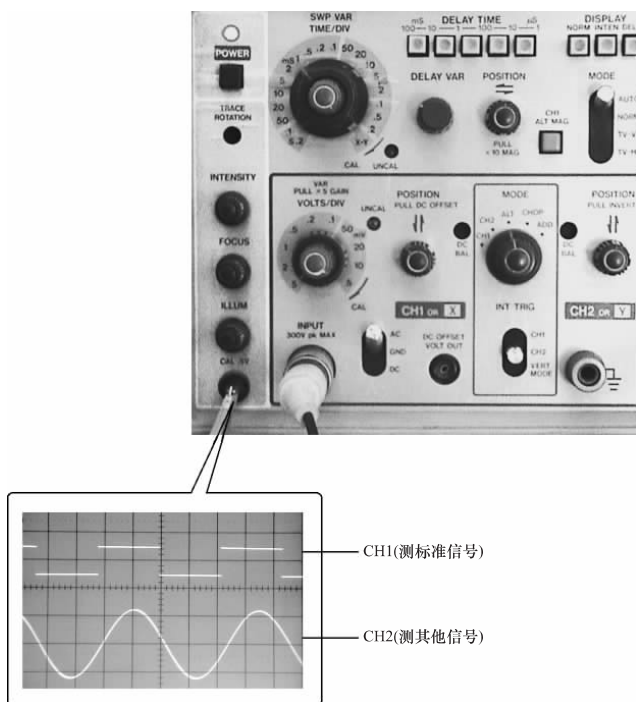


图 3—37 探头在标准信号位置上显示的信号波形图

3.5.3 同步模式的选择

同步模式是选择内同步基准，这在观测电视信号时很有用。当把旋钮调整到 0.5ms 和 1ms 时信号波形是交替显示的。如图 3—38、图 3—39 所示。此外，按钮上还有两个显示。电视的场周期是 20ms ，所以观察电视场信号时，将同步模式旋钮置于 TV—V 位置，时间轴使用 $2\sim 10\text{ms}$ 挡波形看的较清楚。电视的行周期是 $64\mu\text{s}$ ，所以观察电视行信号时将同步模式旋钮置于 TV—H 位置，时间轴使用 $10\sim 50\mu\text{s}$ 挡看的清楚些。将红色按钮拔出来以后，对于周期比较短的信号来说，利用此按钮将周期拉开，将时间轴展宽，可以看清楚信号的波形，如图 3—40 所示。

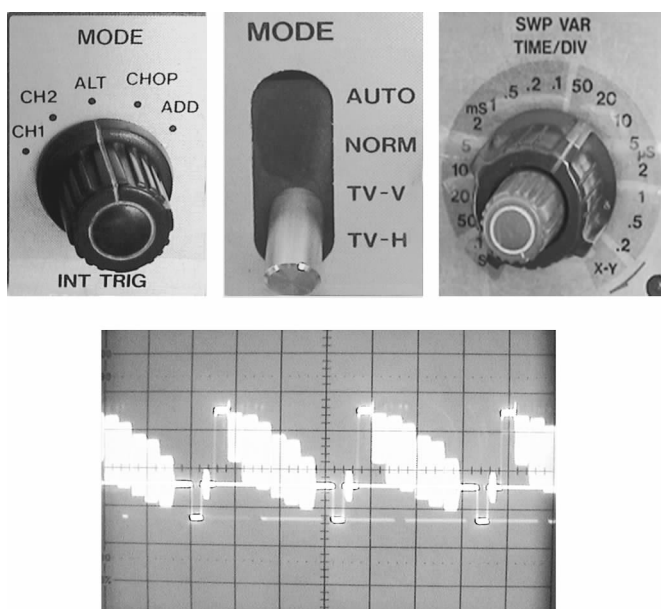


图 3—38 显示模式，同步模式和时间轴调整钮

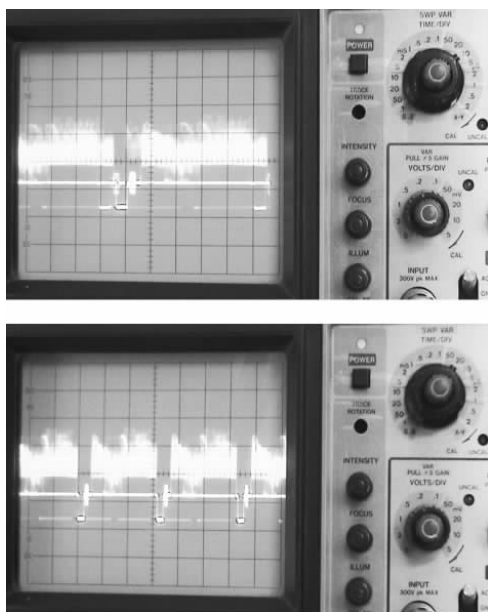


图 3—39 周期按钮在不同挡时的电视信号波形

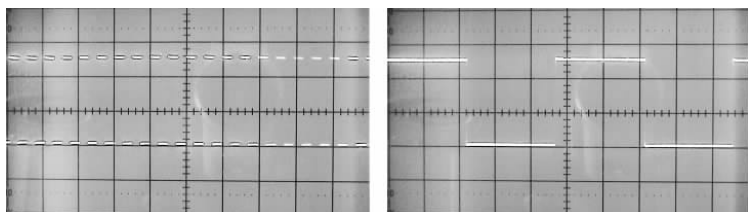


图 3—40 时间扩展轴在红色按钮
拔出前后的波形示意图

3.5.4 输入方式的选择

每个信号输入通道还有一个对应 AC、GND、DC 三个挡的选择开关，选择被测信号的输入方式，当开关置于 AC 位置时，即信号的输入选择交流方式。AC 挡只测交流信号的幅度，直流分量被输入电路中的耦合电路隔离；DC 挡是输入电路选择直接耦合方式，直流、交流同时输入，可以测包括直流分量的交流信号，除了要考虑其交流信号的幅度之外，还能测出其直流分量。当我们把挡调到中心的位置，即 GND 输入端接地位置时，这时输入端接地显示地，电平为 0 时，即一条横线，可以了解示波器显示的 0 电位。在此位置上为正，下为负。如图 3—41 所示。如果不需要看直

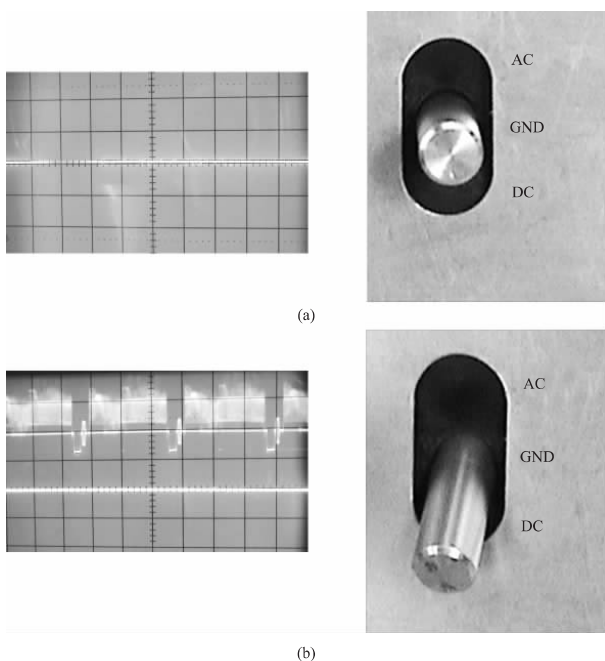


图 3—41 输入信号选择开关置于 GND 位置和 DC 位置时的信号波形

(a) 置于 GND 位置；(b) 置于 DC 位置

流分量，那么就可以直接把按钮调到交流挡，这时它只有正负半周而没有直流分量，如图 3—42 所示。

输入方式选择开关的等效电路如图 3—43 所示，当置于交流耦合方式时，输入耦合电容 C ，将直流分量隔离，输入信号中无直流分量，只测交流分量。

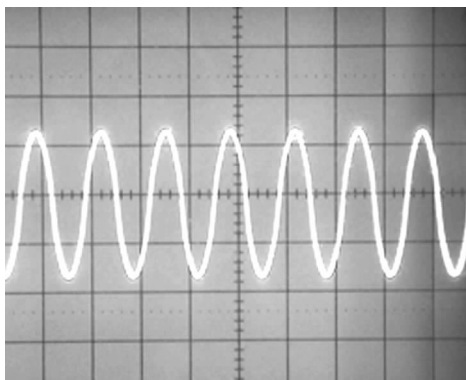


图 3—42 输入信号选择开关置于 AC 挡位置的信号波形

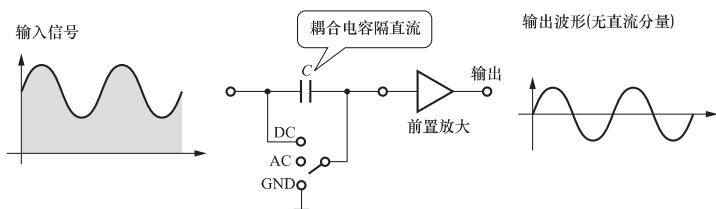


图 3—43 输入信号切换开关电路

3.5.5 显示方式的选择

位于通道 1 垂直位置按钮右边的是显示方式按钮 (MODE)，当开关处于 CH-1 位置时，示波器只显示由 CH-1 输入信号的波形，当开关处于 CH-2 位置时，示波器只显示由 CH-2 输入信号的波形，这是选择显示的方式。CHOP 挡可以同时显示两个信号的波形。ALT 是交替显示两个信号的波形，即交替将 CH-1 和 CH-2 的输入信号作为同步的触发信号，当开关处于 ADD 位置时，CH-1 和 CH-2 两输入信号进行加法处理并显示，示波管上显示出的波形为两个信号相加的代数和，如图 3-44 所示。这样根据需要，可以选择不同显示方式进行观察。通道 2 衰减钮和通道 1 衰减钮的功能相同。把 CH-2 极性开关反转调整，波形的相位通过它可以改变 180° ，但是正弦信号反转 180° 后没有变化。

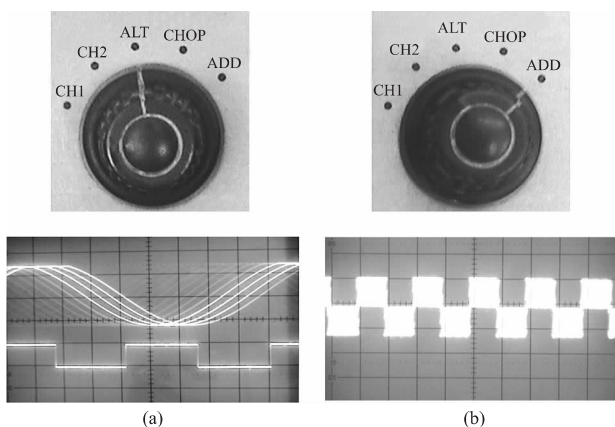


图 3-44 ALT 按钮的交替波形和 ADD 相加的信号波形

(a) ALT 按钮的交替波形；(b) ADD 相加的信号波形

3.5.6 其他键钮的功能

不同型号的示波器其键钮的位置不同，一些键钮的功能也不相同，例如 LBO-522/523 示波器就有极性。按钮（SLOPE）是专门观察电视信号极性的，它有正负极之分，正极性是同步头向上，负极性是同步头向下。耦合方式按钮（COUPLING）是表示显示功能选择，将开关设在 TV-H 位置，容易观察电视一行的信号波形。这是因为在示波器当中专门设置了一个可以与行同步的电路，以便观察行信号波形更为清楚。将开关设在 TV-V 位置是为了观察电视场信号，电路当中专门设有与场信号同步的电路，它可以将场信号稳定进行观察。一般的交流信号在 AC 或 HF-REJ 的位置，它不属于电视信号的场也不属于电视信号的行，所以用来测量一般的交流信号。信号源按钮（SOURCE）是用来观察信号源的，当示波器左右两边按钮同时调在 CH-1 通道上时，波形比较稳定，而且看的比较清楚，当把右边的挡调到 CH-2，左边的挡在 CH-1 时，图为显示信号和同步基准不一致，这时的波形很不稳定，把左边的挡也调到 CH-2 位置，这时波形较稳定，所以我们要注意两个通道之间的协调性。如图 3-45、图 3-46 所示，当调到 ALT 位置时，它属于交替显示，是在特殊状态时使用的。下面还有一个按钮是（EXT TRIG INPUT）外触发信号输入端，在录像机维修手册当中可以看到，检测某一点需要输入什么样的触发信号，这种情况下用外触发和内电路进行同步，也是有利于观察信号波形。旋钮（SOURCE）是调整信号同步的，使波形稳定。旋钮（LEVEL）是调整触发电平的，有些信号触发电平高低会对波形显示的同步有影响，拉出来是正常状态，调整不好，波形不显示。按进去是自动选择触发电平。左边有一个红色按钮是电源开关，按下去是切断电源，再按一下是接通电源。如图 3-46 所示。示波器面板下部还有一个示波器外壳接地端。可以与被测设备的地线接在一起。在某些情况下接地可以防止外界影响。

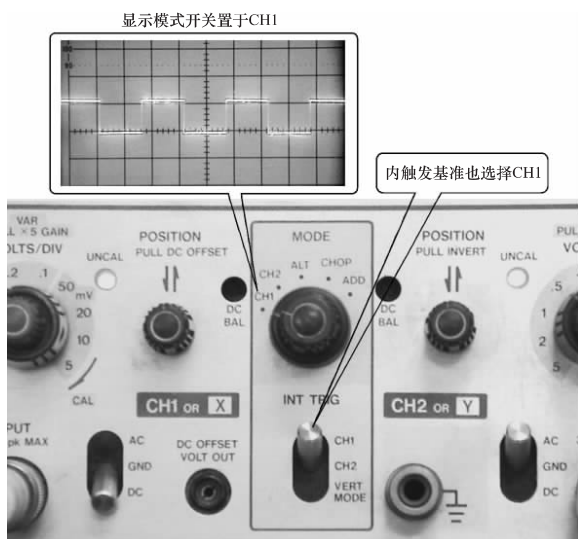


图 3—45 触发源在通道 1 的波形示意图

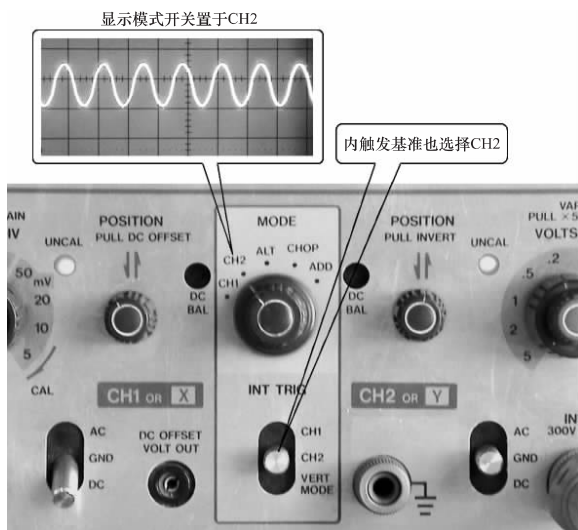


图 3—46 触发源在通道 2 的波形示意图

4.1 数字示波器的结构和原理

4.1.1 数字示波器的基本特点

随着微处理器技术和数字集成电路的广泛应用，诞生了数字示波器。图 4-1 是典型的数字存储示波器，数字示波器大都具有存储功能，能存储记忆测量的任意时间的瞬时信号波形。因此被称之为数字存储示波器。模拟示波器和数字示波器的结构比较示意图如图 4-2 所示，图中虚线部分是数字式示波器增加的电路部分。从图中可见，数字示波器主要的特点是将被测信号进行数字化，即将模拟信号变成数字信号。被测的信号变成数字信号以后，在微处理器的控制下可以进行存储，把被测信号的一部分，即一个时间段的信号，记录在存储器中，这样就可以清楚稳定地显示所存的信号波形。对于测量数字信号和比较复杂的模拟信号这种

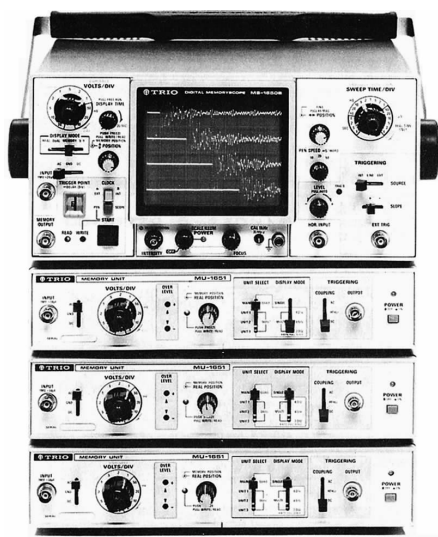


图 4-1 数字存储示波器

功能非常有用。此外，在微处理器的控制下可以对被测的信号进行处理和运算。同时将有有关的幅度和时间轴等信息显示在屏幕上，为用户观测信号、分析信号及处理信号提供了极大的方便。

数字示波器既可以检测数字信号也可以检测模拟信号。在检测模拟信号时，示波器内部设有 A/D 变换器，A/D 变换器通过对模拟信号的取样、量化和编码，将它变成数字信号。因为数字信号便于存储和记忆。当需要用示波管显示波形时，再用 D/A 变换器，将存储器中存储的数字信号读出来变成模拟信号去示波管驱动电路，最后在示波管上显示波形。为了进行数字处理和信号变换，必须设有控制电路。控制电路是以微处理器为核心的控制电路，它通过接口电路可以和外部设备相连，进行信息交换和处理。

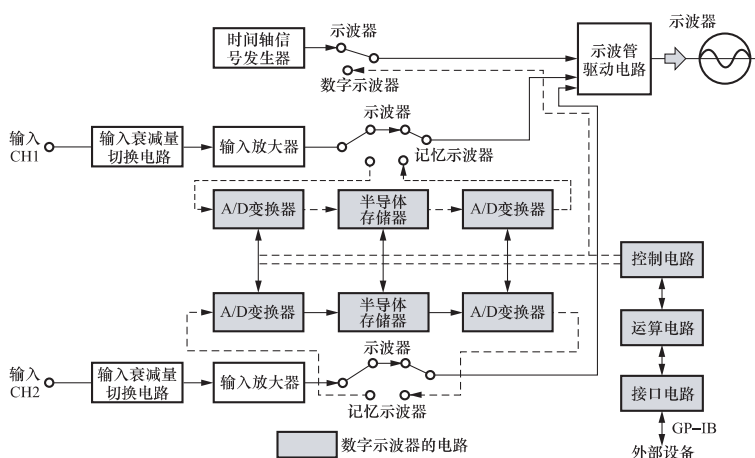


图 4-2 模拟和数字示波器的电路结构的比较

模拟示波器是一种实时监测波形的示波器，其结构简图如图4-3所示，适于检测周期性较强的信号。数字示波器可以有选择的观测某一时刻的信号，其显示部分与模拟示波器相同，如图4-4所示。

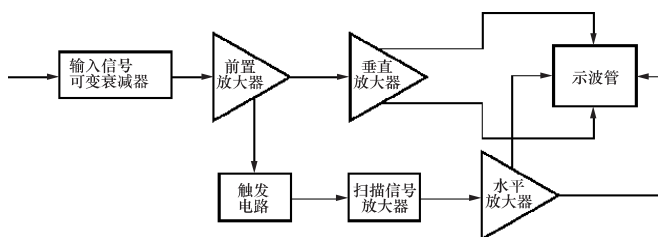


图 4-3 模拟示波器示意图

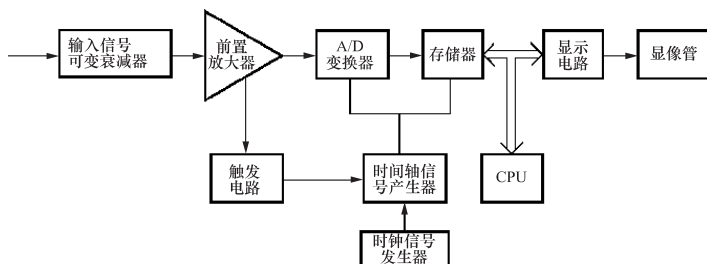


图 4-4 数字示波器示意图

4.1.2 数字示波器的基本结构和原理

数字示波器的电路结构如图 4—5 所示。图中示出了被测信号的处理和显示过程。该图表示的是一种可同时检测两个信号的数字示波器，在实际使用中还有可同时检测多路信号的数字示波器。

图 4—5 所示的数字示波器是双通道示波器，可以同时检测两个信号，A/D 变换器是 8 位 (bit)，就是对每个取样点的量化数为 8 位，这对检测和显示波形来说是足够了，A/D 变换器的位数越多，数字处理的精度越高，量化的层次越多。该机中的微处理器功能比较强大，主要有峰值检出功能，波形运算功能，静像放大功能。经运算和处理，可以将信号的有关参数显示在屏幕上，借助这些功能，可以将被测信号的频率值，幅度值等参数显示出来。

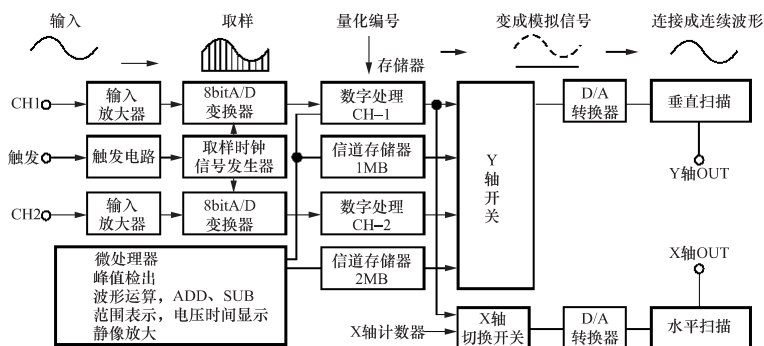


图 4—5 数字式示波器的电路结构

1. 数字示波器的结构和基本构成

被测信号可以是数字信号，也可以是模拟信号。这里我们以检测模拟信号为例，做一个简要说明。被测信号送入 Y 轴信号输入端后首先在输入电路中进行放大或衰减处理，根据信号幅度选择衰减量或放大量，以便使被测的模拟信号进行数字处理时，有一个适当的幅度。然后将输入的信号送入 A/D 变换器中，由触发电路产生的取样时钟信号对模拟信号进行取样处理，取样后进行量化和编码，将连续的模拟信号变成离散的数字信号。模拟信号数字化的处理过程如图 4—6 所示。

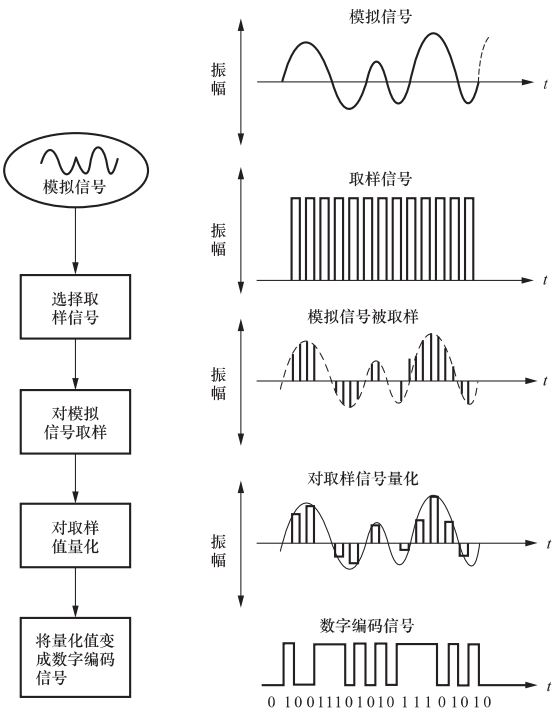


图 4—6 模拟信号的数字化过程

被测信号变成数字信号以后，在微处理器的控制下可以进行种种处理并进行存储。将某一时刻的信号记忆在存储器中，并进行各种信号的分析和运算处理。例如信号的峰值检出、波形运算、游标指示、测试范围显示、时间显示及静止图像放大等。最后根据需要显示相应的波形和数据。Y 轴的信号也是在微处理器的控制下进行切换和选择，例如显示单一信号，两个信号同时显示或显示相加、相减的信号。

2. 数字示波器的电路实例

图 4—7 是数字示波器的电路实例，从图可见，它是由垂直扫描电路、水平扫描电路、波形处理和控制电路以及显示电路等部分构成的。

由于被测信号基本属于模拟信号，因而输入信号接口电路也都是模拟信号电路，从图可见，它是由耦合电路、衰减电路 ATT 和前置放大电路等部分构成的。耦合电路中设有耦合方式选择开关，它通常有三挡，一挡是电容耦合方式，用于测交流分量 (AC)，二挡是直接耦合方式，用于测交流和直流的合成量，第三挡是接地，即将输入端接地，用以校正零点。衰减电路 (ATT) 中设有多位切换开关，以满足不同衰减量的要求。还有一个与多位开关同轴微调的可变电位器，并与校准开关连动，当位于校准位置时，衰减挡位的标记 (V/DIV) 可作为直接观测读数值。两路前置放大器的输出再分别经缓冲器和低通滤波器 (LPF) 再送往 A/D 变换器，变成数字信号，低通滤波器的功能是滤除高频噪声的干扰。

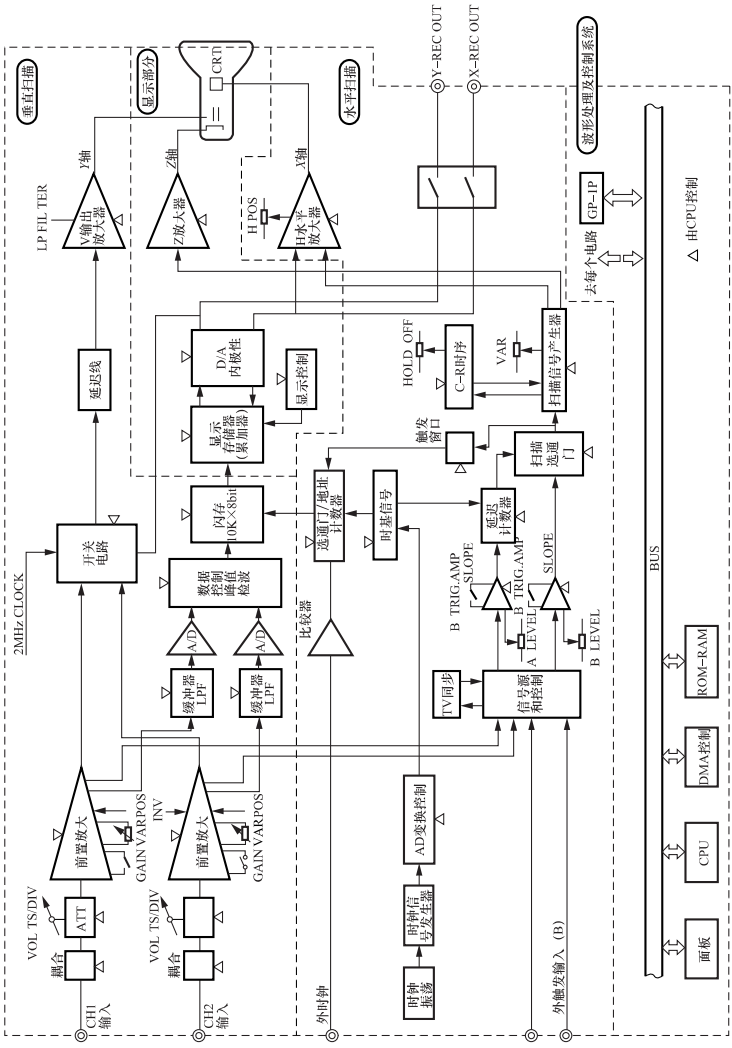


图 4-7 数字示波器电路结构实例

(1) 垂直扫描电路。垂直扫描电路是处理被测信号的电路，它有两个信号输入通道 (CH1、CH2)，可以同时送入两个信号。输入的被测信号送入垂直扫描电路后首先经耦合电路和衰减器，其结构和功能与模拟示波器相同，经衰减器的信号再经前置放大器进行放大。前置放大器的输出分别送到开关电路和 A/D 变换器。模拟信号可以直接经开关电路、延迟线和 V 输出放大器，输出 Y 信号去驱动示波管，显示波形，这是实时信号的波形。

两前置放大器的输出经缓冲和低通滤波器 (LPF) 滤除高频干扰后，送到两个 A/D 变换器中将模拟信号变成数字信号，经数据控制和峰值检波后送入存储器 (闪存) 中。这样在系统控制电路的控制下进行选择和存储，存储后要观测所存的信号波形时，再从存储器中取出信号送入显示存储器，然后再经 D/A 变换器变成模拟信号，也经开关电路，V 输出放大器，作为 Y 轴信号去驱动示波管显示波形。

(2) 水平扫描电路。水平扫描电路是产生 X 轴驱动信号的电路，它主要是由扫描信号产生电路，信号源控制电路和时基信号产生电路构成的。

为了使被测信号与扫描信号同步，在这个电路中设有统一的时钟振荡器。时钟振荡器的输出经时钟信号发生器、A/D 变换控制电路产生时基信号，时基信号分别控制垂直扫描电路的数字存储器和水平扫描电路的扫描信号产生器，使之同步。

水平扫描电路还设有外时钟和外触发输入端口，必要时可用外信号作触发信号 (同步信号)。

(3) 显示电路。显示电路是示波管驱动电路，它主要是由 Z 轴放大器和显示存储器、D/A 变换器和显示控制电路构成，控制数字信号的显示。

(4) 波形处理和系统控制电路。波形处理和系统控制电路的核心是微处理器，它可以接收人工按键的指令 (需要观测某一时刻的信号波形)，根据内部程序对各种电路进行控制，它采用总线控制方式，图中带三角符号 ($\triangle$) 的电路都在微处理器的控制下工作。

4.1.3 数字示波器基本原理

数字示波器是在模拟示波器的基础上开发的，它保持了模拟示波器的优点。

从前面的介绍可知，模拟示波器是以时间轴为 X 轴，输入信号电压为 Y 轴，使记录笔的 Y 方向偏摆受输入信号的控制，记录笔与纸的横向相对运动，就记录了信号的波形，这就是波形记录器，使示波管的电子束在荧光面上的扫描有如记录笔所描出的信号波形的装置，就是示波器，如图 4—8 所示，可以说示波管是示波器的核心部分。对于周期性较强的信号，其波形可以稳定地保持在示波管屏幕上。对于突然发生的单发信号，瞬间出现后就消失了，这种示波器就无能为力。必须使用瞬态波形记录器，或是 IC 存储器之类的记录器，专门记录某一时段的信号波形，如单发信号在这一时段内出现，将被记录，也可以重现出来进行观察。数字示波器就是集上述两项功能于一体的示波器。

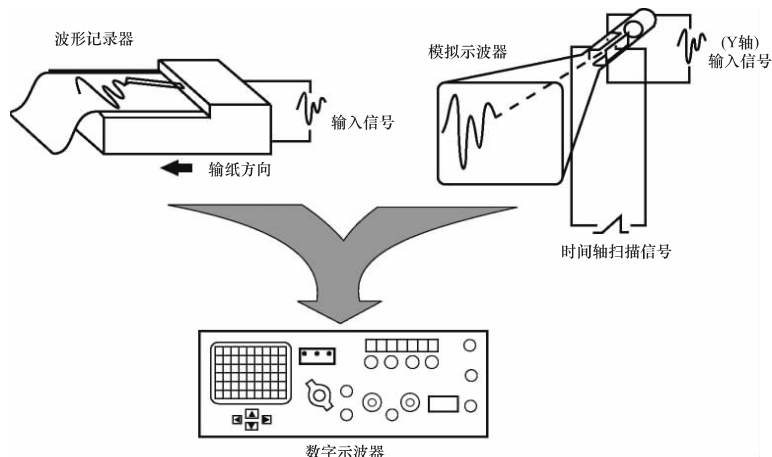


图 4—8 示波器与波形记录于一体

数字示波器的核心是将被测信号变成数字信号，数字信号就可以存入存储器中，需要存入信号的周期越多，持续时间越长，则要求存储器的容量越大，实际上与存入信号的数据有关。需要观测的信号再从存储器中取出，再恢复成模拟信号显示在示波管上。

因此，数字示波器也需要模拟示波器的一些电路和器件。图4—9、图4—10分别是数字示波器和模拟示波器的示意图。

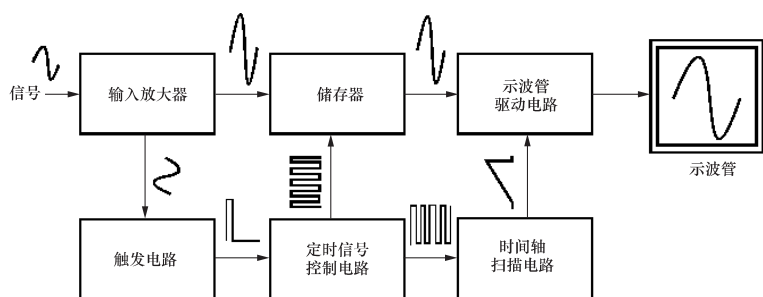


图 4—9 数字示波器的电路框图

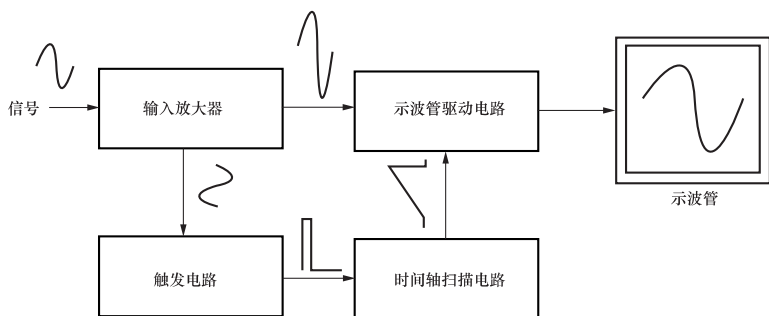


图 4—10 模拟示波器的电路框图

图 4—11 是数字示波器对被测信号的存取处理过程。信号经取样保持电路和 A/D 变换器后变成由“0”和“1”组成的数字信号，然后再存入存储器中。需要显示时，再从存储器中取出数字信号，再经 D/A 变换器恢复成模拟信号，借助于示波管显示波形。定时信号控制电路分别给取样保持电路提供取样信号，为 A/D 变换器、存储器、D/A 变换器提供时钟脉冲。

典型数字信号的波形如图 4—12 所示。

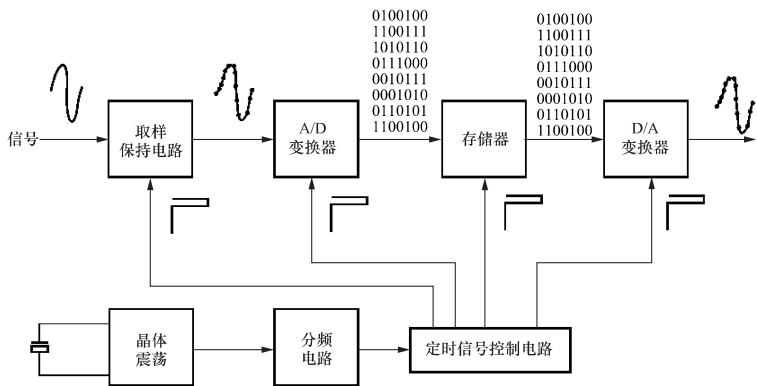
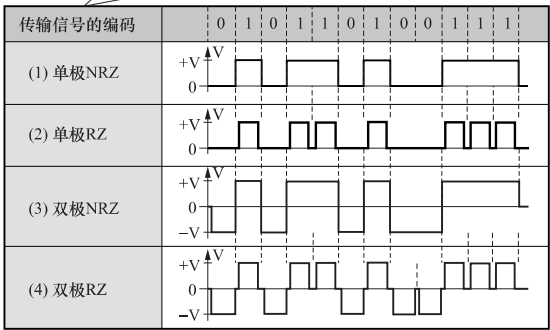


图 4—11 数字信号的处理过程

数字编码信号通常使用不归零制NRZ与归零制RZ。在不归零制中，连续为“1”的码，信号电平不变化，从0到1或从1到0时，电平才变化。而归零制，1为+V电压值0为0V电压，每个值到第2数都要回到0（对于两值的情况为-V电压值）。



NRZ: Non Return to Zero、不归零制
RZ: Return to Zero、归零制

图 4—12 常用数字信号的波形

被测信号频率越高所需要的取样频率越高，数字化后的数据量就越大，所需要的存储器的存储容量就越大。图 4—13 是被测信号与取样信号的关系，被测信号的取样点越多，即取样频率越高，波形恢复时的失真越小，如果取样频率低就会形成图 4—14 的状态，正弦波变成了三角波，波形有严重的失真。

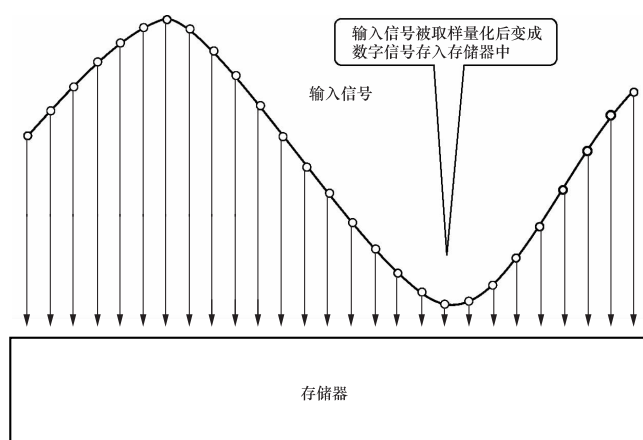


图 4—13 被测信号与取样点的关系

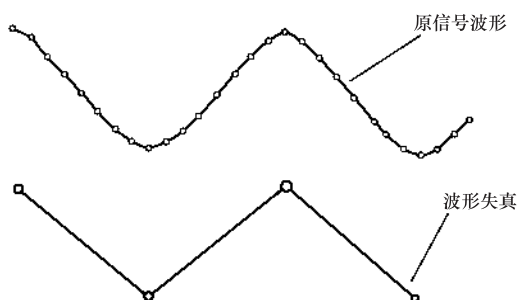


图 4—14 取样点减少，波形会失真

如要观测信号波形，每个周期的取样点必须 10 个点以上，因此被测信号的频率范围则为取样信号频率的 $1/10$ 。100MHz 取样频率的示波器只能测量 10MHz 的正弦信号，这样就限制了测量信号的频率。

为了解决不对信号高速取样的问题，可以采用图 4—15 的方式，利用电荷耦合器件 CCD（Charge Coupled Device）记忆信号波形，记录时利用快速时钟对输入信号进行高速取样，而在读出时利用慢时钟进行低速读取，这种处理方法实质上是将输入信号的时间轴扩展了，高频信号变成了低频信号，再进行 A/D 变换和数字存储。这种方法由于 CCD 的使用，使存储器的记忆时间变长，噪声增加，高速时垂直分解率下降，这是其缺点。

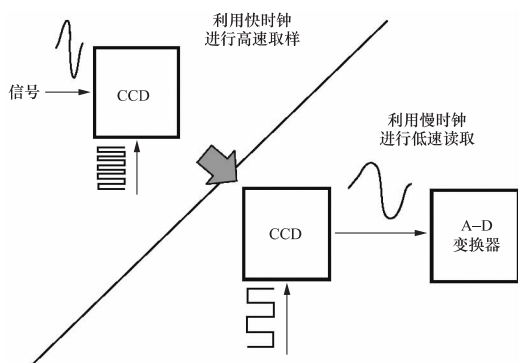


图 4—15 利用电荷耦合器件 CCD 记忆信号波形

为克服上述问题,采用多个 A/D 变换器并联使用的方法,如图 4-16、图 4-17 所示,由 5 个 A/D 变换器和 5 个 D/A 变换器对信号进行处理。一个输入信号分别由 5 个 A/D 变换器进行低速取样,然后再合成,相当于一个 A/D 变换器 5 倍的取样,这样就可以降低取样频率。

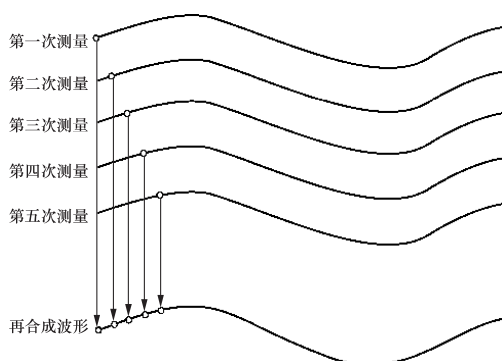


图 4-16 使用多个并取 A/D 变换器对信号取样的方法

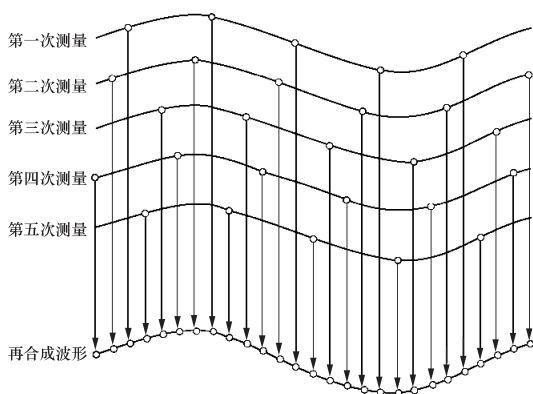


图 4-17 多个 A/D 变换间隔取样的方法

波形的显示还有一个问题是垂直分解能力，由图 4—18 可见，信号电平的间隔与垂直分解能力有关，电平间隔越大分解能力越差。电平间隔实际上是量化数的问题，量化数越大相当于取样速率越大，如图 4—19 所示。

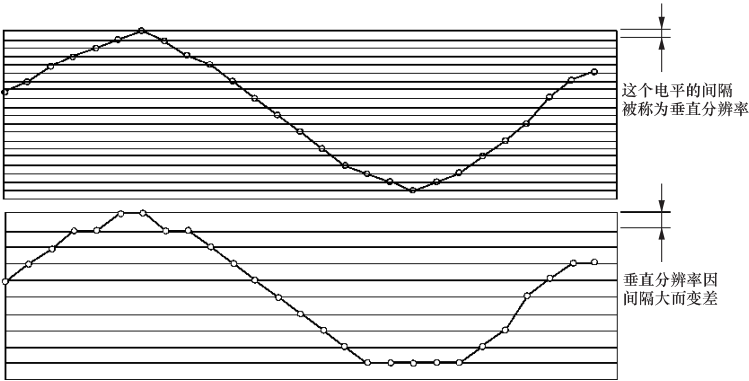


图 4—18 垂直分解能力与电平间隔的关系

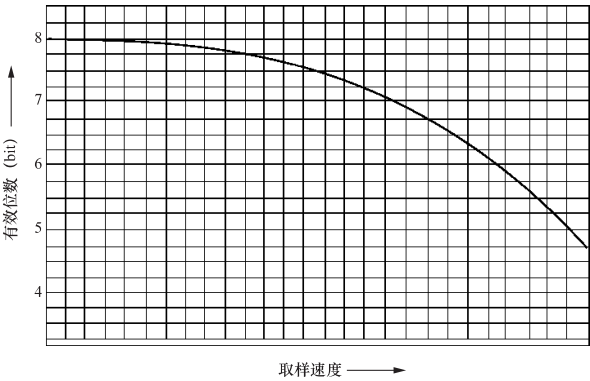


图 4—19 取样速度与量化数的关系

数字示波器中存储器的长度是指其所能记忆的最大数据量，其数量与计页机一样用字节表示，由于示波器往往有多个通道（信道），对多通道示波器用字节数/信道来表示。存储器的长度越长所能存储的数据量越大，越能记录长时间的波形。存储器的长度有如录音磁带，如图 4—20 所示，其长度越长所能记录的音频节目越长。

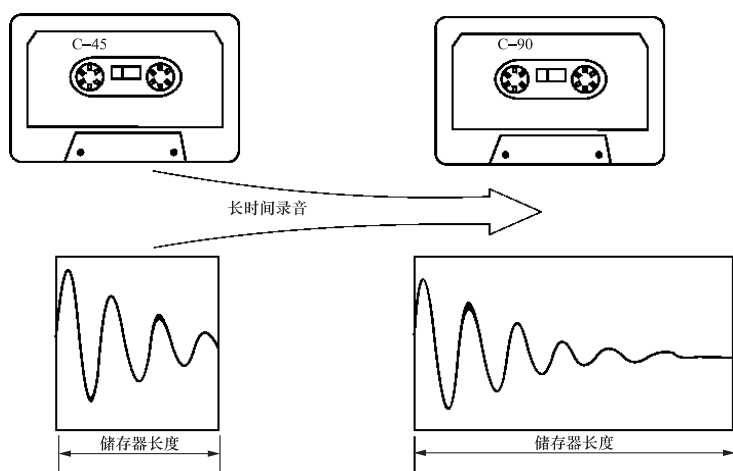


图 4—20 存储器的长度有如录音带

由上述原理可知，存储器长度越长所显示的信号波形越精细，如图 4—21 所示，这和电视图像一样，现行的电视每幅图像为 625 条扫描线，将扫描线增加到每幅 1250 条就变成了高清晰度电视。

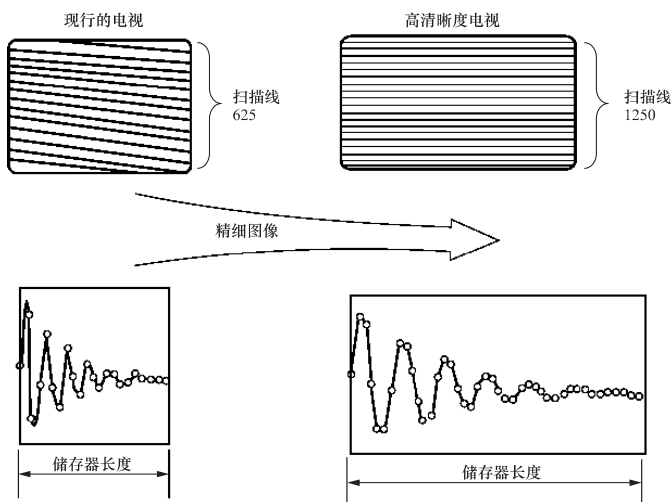


图 4—21 存储器长度与波形的精细度

4.2 数字示波器的使用方法

4.2.1 测量与计算工作方法

数字存储示波器利用了微处理器和 A/D、D/A 等硬件所构成的测量系统，使其不但可以观测波形，同时又是一台功能广泛的数字化测量仪器。其各种测量功能由测量计算子程序执行。它可以完成被测波形上任意两点之间的电位差、时间差测量，波形电压的平均值、峰—峰值、有效值计算，波形的周期、频率、脉宽及前后沿时间的测量，以及波形的叠加运算等。还可构成对信号的分析能力，如利用快速傅立叶变换，可对被测信号进行失真度分析、调制特性分析等。

数字存储示波器对波形参数的测量，分自动测量和手动测量。一般参数测量为自动测量，即示波器自动完成测量工作，并将测量结果以数字形式显示在示波管屏幕上。特殊值的测量使用手动光标进行测量，所谓光标测量，就是在示波管屏幕上设置两条水平光标线和两条垂直光标线，这四条光标线可在测量程序控制下，根据光标位置来完成测量工作，并将测量结果以数字形式显示在示波器管屏幕上。

在实用测量中，例如测量 DVD 视盘机的数字解压缩处理电路时，可以利用数字示波器通道多的特点，同时可检测多路并联信号。由于 IC 引脚间隔小（图 4—22 为典型数字电路板）要寻找合适的检测点，避免短路。

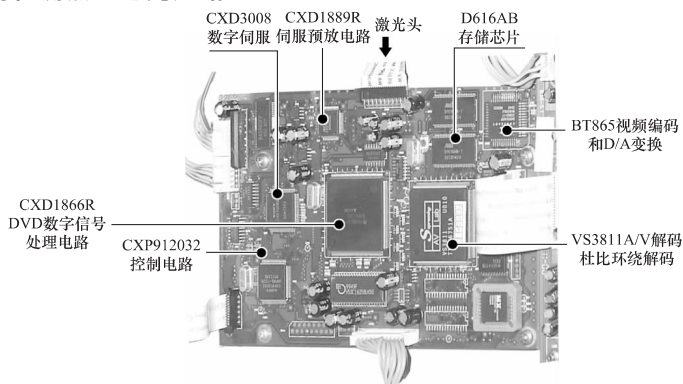


图 4—22 典型数字电路板

4.2.2 面板键操作方式

数字存储示波器的面板操作键分两种，即立即执行键和菜单键。按下立即执行键后，示波器立即执行该项操作；当按下菜单键时，在屏幕下方显示一排菜单，然后按菜单下所对应的操作键，执行菜单中该项的操作如图4-23所示。它对显示的信号波形可以进行记忆也可以进行分析。数字示波器与计算机组合，可对信号进行各种处理，并能通过网络进行传输。

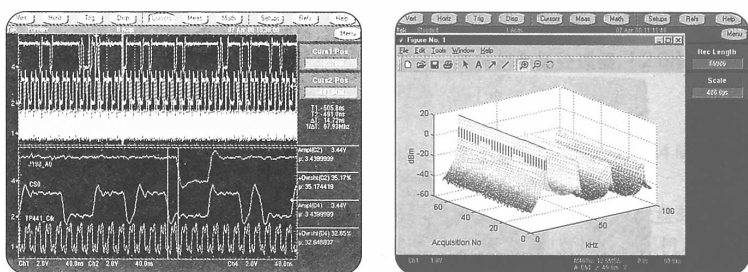


图 4-23 数字存储示波器显示示意图

4.2.3 数字存储示波器的显示方式

智能化数字存储示波器利用内部微计算机的控制功能和不同的存储方法,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,而且在示波器显示波形的同时,还可以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. 基本显示方式

(1) 存储显示方式。存储显示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器上。这样,显示的波形是由一次触发捕捉到的信号片断,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,被新存储的数据更新,若瞬态信号仍未出现,再利用末端触发显示一个画面。这样一个一个画面的显示下去,象为了查找某个内容一页一页的翻书一样。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,并存入基准波形存储器中。

(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。

一种是使用新的波形逐渐代替旧的波形,变化点自左向右移动,如图 4-24 (a) 所示。另一种是波形从屏幕的右端推出向左移动,在左端消失。如图 4-24 (b) 所示。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，将不停地更新所有数据，删除旧数据，存入新数据，并不断地把新数据移入显示缓冲存储器，建议适当地延迟后读出显示。

(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，如图 4—25 所示。此时屏幕一分为二，上半部显示原波形，下半部显示放大部分波形，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。

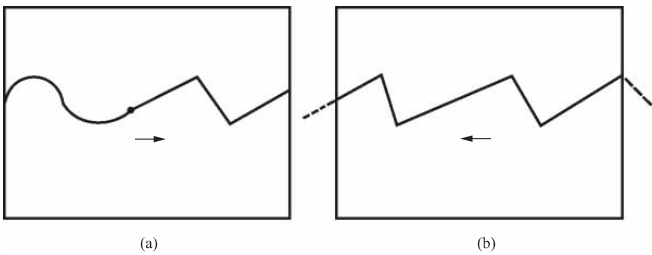


图 4—24 数字存储示波器的滚动显示方式

(a) 自左向右；(b) 自右向左

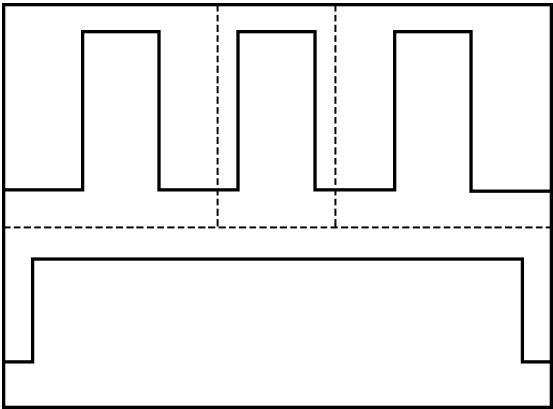


图 4—25 数字存储示波器的延迟
扫描放大显示方式

2. 显示器件

(1) 显像管显示方式。传统的示波器显示方式（如前所示的方式）。

(2) 液晶显示方式（LCD）。这种方式是不使用显像管，而是使用液晶显示板，液晶显示方式有单色显示液晶板、全彩色液晶板，波形和字符可以在液晶板上显示出来。图 4—26 是带液晶显示屏的数字示波器。

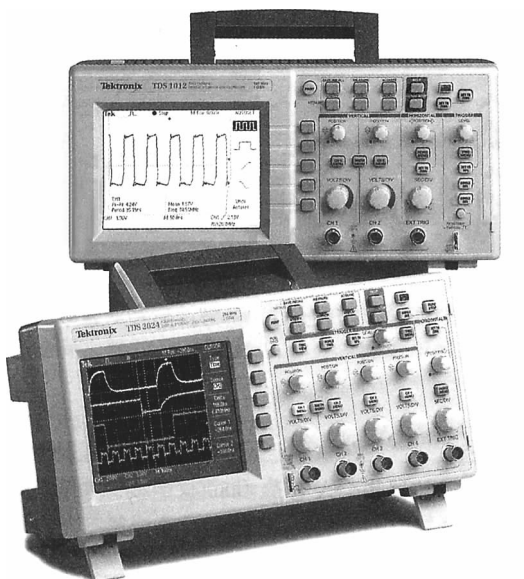


图 4—26 采用液晶显示板的示波器

4.3 DS3012B 数字存储示波器的使用

下面以 DS3012B 数字存储示波器为例介绍数字存储示波器的主要技术指标、使用方法和应用实例。

4.3.1 DS3012B 技术指标

DS3012B 数字存储示波器的主要技术指标如表 4—1 所示。

表 4—1 DS3012B 的主要技术指标

采 样	采样方式	实时采样	等效采样	
	采样率	100MS/s	10GS/s	
	平均值	所有通道同时达到 N 次采样后， N 次数可在 2、4、8、16、32、64 和 128 之间选择		
输 入	输入耦合方式	直流、交流或接地（AC、DC、GND）		
	输入阻抗	1MΩ±2%，与 15pF±3pF 并联		
	探头衰减系统系数设定	1×，10×，100×，1000×		
	最大输入电压	400V（DC+AC Peak）		
垂 直 系 统	灵敏度（V/格），范围（V/DIV）	2~5mV/DIV（在输入 BNC 处）		
	模拟带宽	100MHz		
	模拟数字转换器（量化数）	8bit 分辨率		
	通道数	2		
水平系统	扫描时间范围	0.5~5ns/DIV 按 1—2—5 进制		
触 发 系 统	触发类型	边沿、视频、Set to（设定电平至）50%		
	触发方式	Auto（自动）、Normal（常态）、Single（单次）		
	触发源	DC（直流）	CH1 和 CH2：1div（0~10MHz） EXT（外触发）：100mV（DC~10MHz），200mV（10MHz~满带宽） EXT/5： 500mV （ DC ~ 100MHz）	
		AC（交流）	50Hz 及以上时和直流相同	

4.3 DS3012B 数字存储示波器的使用

续表

测 量	光标测量	手动模式、跟踪模式
	自动测量	峰峰值 (U_{p-p})、最大值 (U_{max})、最小值 (U_{min})、顶端值 (U_{top})、底端值 (U_{base})、平均值 (U_{arg})、有效值 (U_{rms})、频率 (f)、周期 (T)、上升时间 (t_r)、下降时间 (t_f)、脉宽等
运算 方式	加、减、乘、除	
探头	RP3165 (1 Ω 、10 Ω) 100MHz 无源探头	
存储	5 组波形, 5 种设置	
显示 方式 及分 辨率	彩色 LCD, 320 $\times$ 240	

流行的便携式数字示波器如图 4—27 所示。



图 4—27 流行的便携式数字示波器

4.3.2 DS3012B 数字存储示波器的面板结构

1. DS3012B 数字存储示波器的面板结构

如图 4—28 所示，各区域功能分别介绍如下。

(1) 垂直扫描控制区 (CERTICAL)。

1) POSITION (垂直位移旋钮)：控制信号在波形窗口的垂直显示位置；

2) SCALE (旋钮)：用于改变 “V/div (伏/格)” 垂直挡位设置；

3) 通道操作菜单 (具有打开和关闭功能)。

A. CH1：通道 1；

B. CH2：通道 2；

C. MATH：数学运算；

D. REF：基准波形。

(2) 水平扫描控制区 (HORIZONTAL)。

1) POSITION (水平位移旋钮)：控制信号在波形窗口的水平显示位置。

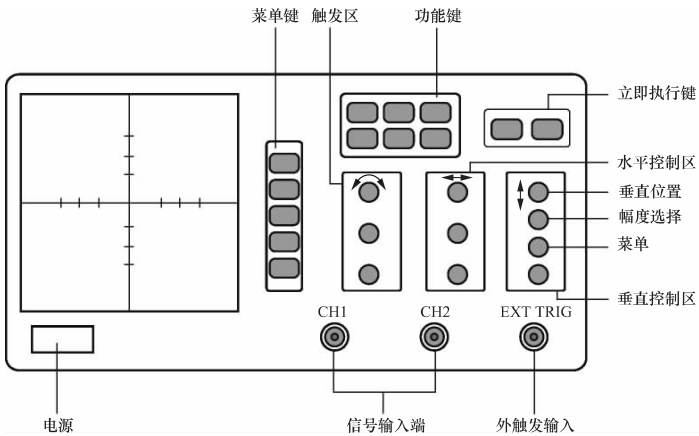


图 4—28 DS3012B 数字存储示波器的面板结构

2) SCALE (旋钮): 转动可改变 “s/div (秒/格)” 水平挡位设置, 按下可以切换到 UltraZoom (缩放模式)。

3) MENU: 显示 TIME 菜单, 在此菜单下可以开启/关闭 UltraZoom (缩放模式) 或 Y-T、X-Y 显示模式, 还可以设置水平 POSITION 旋钮的触发位移或内存位移模式。

a. 触发位移: 转动 POSITION 旋钮, 水平移动触发点;

b. 内存位移: 转动 POSITION 旋钮, 在 16K 的内存中水平移动当前显示的波形窗口。

(3) 触发同步控制区 (TRIGGER)。

1) LEVEL: 改变触发电平设置, 转动旋钮, 使波形同步, 同时有触发位置显示。

2) MENU: 用于调出触发操作菜单。

a. 按 1 号菜单键, 选择边沿触发或视频触发;

b. 按 2 号菜单键, 选择边沿类型;

c. 按 3 号菜单键, 选择信源;

d. 按 4 号菜单键, 选择触发方式;

e. 按 5 号菜单键, 选择耦合方式。

3) 50%: 设定触发电平在触发信号幅度的垂直中点。

4) FORCE: 用于强制产生一个触发信号, 主要用于触发方式中的 “普通” 和 “单次” 模式。

(4) 立即执行键。

1) AUTO (自动设置): 当被测信号连接到信号输入通道, 按下按钮, 示波器将自动设置垂直、水平和触发等各项控制;

2) RUN/STOP (运行/停止): 运行/停止波形采样。

(5) 功能键 (共有 6 个)。

1) MEASURE: 自动测量功能键, 使用此按钮可以弹出自动测量操作菜单, 通过菜单控制按钮选择自动测量方式;

2) ACQUIRE: 采样系统功能键, 使用此按钮可以弹出采样设置菜单, 通过菜单控制按钮调整采样方式;

3) STORAGE: 存储系统功能键, 使用此按钮可以弹出存储设置菜单, 通过菜单控制按钮设置存储/调出波形;

4) CURSOR: 光标测量功能键, 使用此按钮可以弹出光标测量设置菜单, 通过菜单控制按钮选择光标测量方式 (如光标模式、光标类型和信源选择);

5) DISPLAY: 显示系统功能键, 使用此按钮可以弹出显示设置菜单, 通过菜单控制按钮调整显示方式;

6) UTILITY: 辅助系统功能键, 使用此按钮可以弹出辅助系统功能设置菜单, 通过菜单控制按钮设定辅助系统功能 (如自校准、接口设置、探头校准频率、自测试、语言等)。

(6) 菜单操作键。有 5 个灰色按钮, 可以设置当前菜单的不同选项。不同的功能菜单选项不同。

2. 显示界面

图 4-29 所示为 DS3012B 数字存储示波器的显示界面说明图。

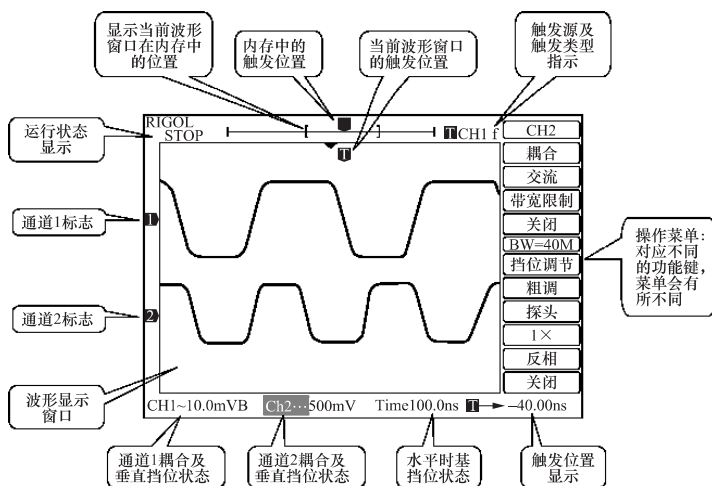


图 4-29 DS3012B 数字存储示波器的显示界面说明图

3. 示波器的设置

DS3012B 在使用时要进行垂直系统、水平系统、触发系统、采样方式、自动测量、标测量、显示方式、存储/调出、辅助系统等设置，下面以垂直系统 CH1、CH2 通道的设置举例说明设置方法。

示波器的每个通道有独立的垂直菜单，每个项目都按不同的通道单独设置，下面仅介绍 CH1 通道的设置。

按 CH1 功能键，系统显示如表 4-2 所示 CH1 通道的操作菜单。

表 4-2 操作菜单项目及设置

功能菜单	设 定	说 明
输入耦合方式	交流 (AC) 直流 (DC) 接地 (GND)	(1) 选交流输入方式阻挡输入信号的直流成分 (2) 选直流输入方式允许输入信号的交流和直流成分通过 (3) 选接地方式断开输入信号
带宽限制	打开 (ON) 关闭 (OFF)	限制带宽至 20MHz，以减小显示噪声满带宽（适合检测高频信号）
挡位调节	粗调 微调	粗调按 1—2—5 进制设定垂直灵敏度微调在粗调设置范围之间进一步细分，以改善分辨率
探头	1× 10× 100× 1000×	根据探头衰减因数选取其中一个值，以保证垂直标尺读数准确
反相	打开 (ON) 关闭 (OFF)	打开波形反向功能使显示波形相位差 180° 波形正常显示

(1) 设置通道耦合。假设被测信号是一个含直流偏置的正弦信号，操作步骤如下。

1) 按 CH1 通道→耦合方式→交流 (AC)，设置为交流耦合方式，波形显示如图 4—30 所示；

2) 按 CH1 通道→耦合方式→直流 (DC)，设置为直流耦合方式，波形显示如图 4—31 所示；

3) 按 CH1 通道→耦合方式→接地 (GND)，设置为接地方式，会在屏幕中心显示一条水平线。

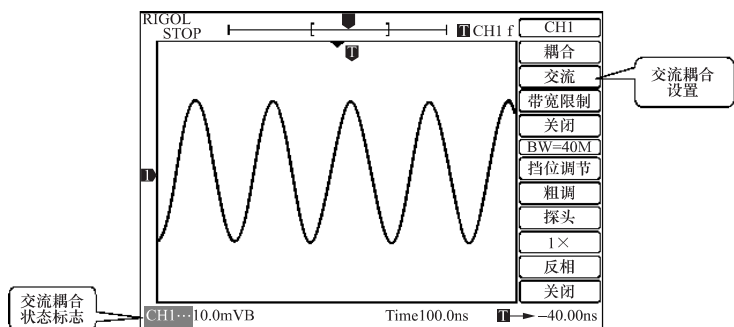


图 4—30 设置交流耦合方式

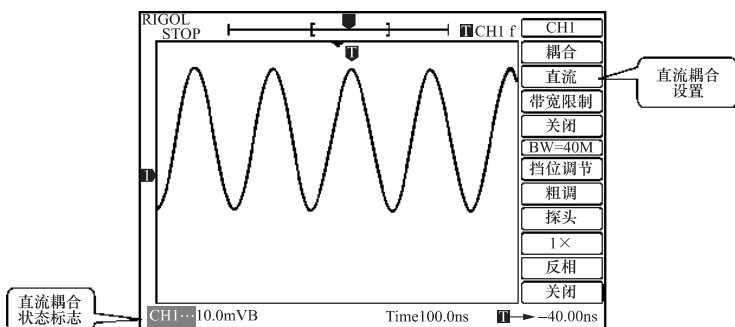


图 4—31 直流耦合方式

(2) 设置通道带宽限制。假设被测信号是一个含有高频振荡的脉冲信号，操作步骤如下。

1) 按 CH1→带宽限制→关闭 (OFF)，设置带宽限制为关闭状态。被测信号含有的高频分量可以通过，适于测量高频分量较强的信号波形显示，如图 4-32 所示。

2) 按 CH1→带宽限制→接通 (ON)，设置带宽限制为接通 (ON) 状态。输入信号经低通滤波器后再进行测量和显示被测信号含有的大于 20MHz 的高频分量被衰减，采用这种方式可以消除高频噪声对信号的影响波形显示如图 4-33 所示。

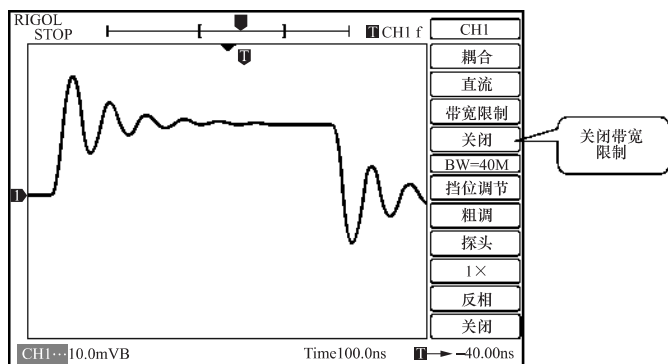


图 4-32 关闭带宽限制

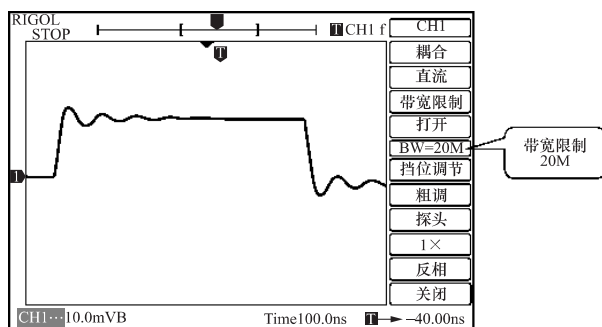


图 4-33 带宽限制 20M

(3) 挡位调节设置。垂直挡位调节分粗调和微调两种。

1) 按 CH1→挡位调节→粗调，设置垂直挡位为粗调，即按 1—2—5 进制在 2~5mV/DIV 范围内设定垂直灵敏度；

2) 按 CH1→挡位调节→微调，设置垂直挡位为微调，可以观测信号细节；

3) 也可以按下垂直 SCALE 快速切换粗调和微调。

(4) 调节探头比例。为了配合探头的衰减系数，需要在通道操作菜单调整相应探头衰减比例系数。若探头的衰减系数为 100 :1，在示波器输入通道的比例也应设置成 100 ×，以避免显示的挡位和测量的数据发生错误。

例如，使用 1000 :1 时，探头的设置及垂直挡位的显示，操作步骤如下：按 CH1→探头→1000 ×，设置探头的衰减系数为 1000 :1。被测信号垂直挡位显示如图 4—34 所示。

(5) 波形反相的操作。波形反相显示的信号相对于地电位翻转 180°。操作步骤如下：

1) 按 CH1→反相→OFF，被测信号波形不反相。

2) 按 CH1→反相→ON，被测信号波形反相。

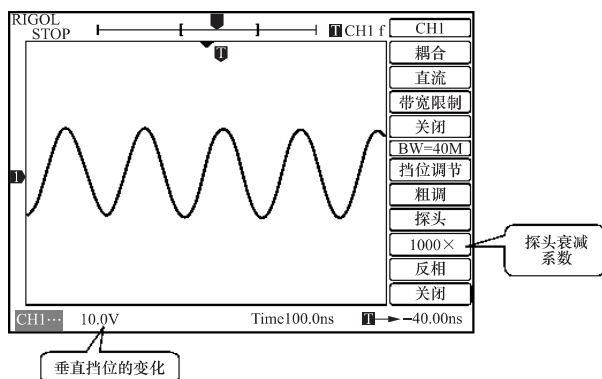


图 4—34 调节探头比例到 1000 :1

5.1 信号波形的观测

使用示波器直接观测信号的波形是示波器最基本的使用方法。在调试和检修电子设备的过程中，常常需检测电路中的信号波形。

信号波形有两种特性，一种是信号相对于时间轴的波形特性，也就是电压或电流相对于时间轴的变化特性，另一个就是幅度和频率的特性。在电子产品的设计、生产和维修过程中，经常需要观察产品中各电路的输入或输出部位的信号波形，通过对波形形状和幅度的观察，了解各电路单元的工作是否正常，是否有明显失真，如图5-1所示。

观测信号的另一种特性是信号相对于频率轴的波形特性，这种波形的特性实质上是频谱特性。这种测量又包含两个方面。一方面是对被测信号的频率成分进行测量和分析，例如测量某种信号所包含的频率分量；另一方面是检测一些电路的频率特性，例如测量一个音频放大器的频率特性，测量电视机高频头和中频电路的频率特性曲线等。

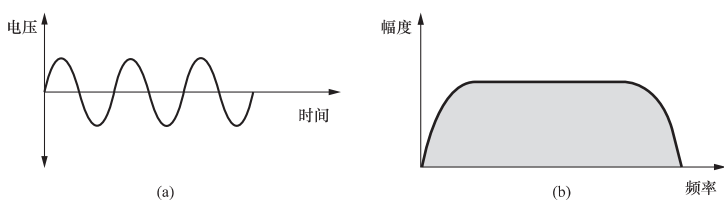


图5-1 信号波形的观测

(a) 信号幅度随时间轴变化；(b) 频率特性

5.2 信号幅度的检测

信号幅度的测量首先要明确是仅仅测量交流信号的幅度，还是包含直流分量。如果包含直流分量，则必须先确定 0 线（0 电平）的位置。

5.2.1 直流电压（含交流成分）的测量

首先将被测信号加到信号输入端，并将输入耦合开关置于地（GND）位置，于是示波管上将出现一条水平扫描线，此线可能处于任意位置。如被测信号为正极性，则调整垂直位置钮使 0 电平线处于屏幕下部 0 的位置；如果被测信号为负极性，则调垂直位置钮使 0 电平线处于上部 100% 位置，如图 5-2 所示。

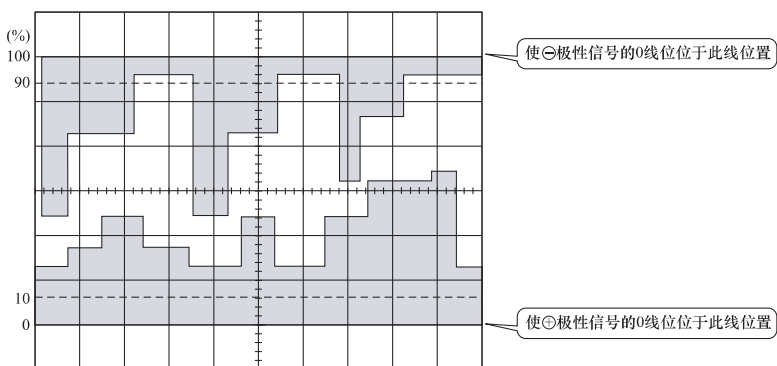


图 5-2 根据信号极性设定 0 电平线

上述设定完成后，将耦合开关置于直流（DC）位置。于是一个直流信号上叠有交流分量的波形出现在示波管屏幕上，如图 5—3 所示。

从波形的直观位置可以看出直流电压幅度为 4.3DIV（格），折合电压值为

$$U_{DC} = \text{垂直距离} \times \text{垂直灵敏度值 V} \times \text{探头衰减比}$$

如此时垂直灵敏度为 0.2V/DIV，探头衰减比为 10 : 1，则测量电压值为

$$U_{DC} = 4.3\text{DIV} \times 0.2\text{V/DIV} \times 10 = 8.6\text{V}$$

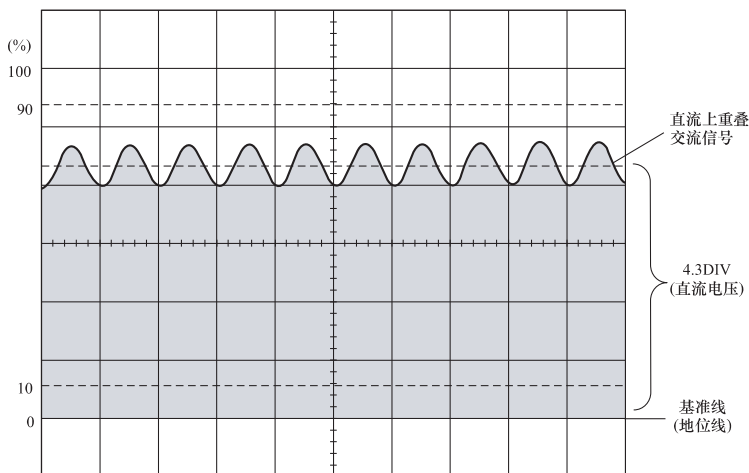


图 5—3 含有交流分量的直流信号

5.2.2 交流信号的幅度测量

如果只测量交流信号的幅度，将被测信号送入示波器输入端，使输入耦合开关置于交流（AC）位置。此时，调整垂直灵敏度钮以及扫描时间钮使波形大小适当。如图 5—4 所示。

调整垂直位置钮使波形下部与 0 电平线齐平，然后观测波形上下的垂直距离（DIV），计算方法同上，如灵敏度挡为 0.5V/DIV，探头 10:1，交流电压幅度为

$$U_{AC} = 5.4 \text{ DIV} \times 0.5 \text{ V/DIV} \times 10 = 27 \text{ V}$$

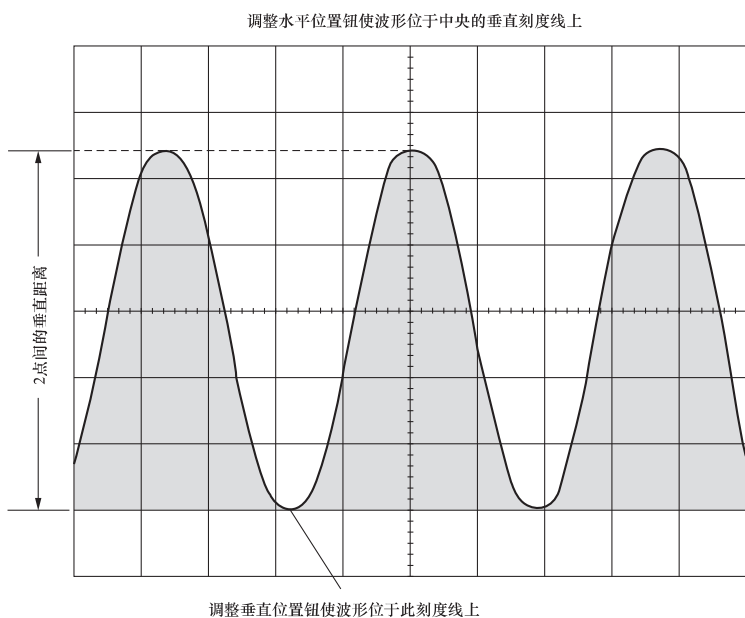


图 5—4 交流信号的测量

5.2.3 测量误差

由于被测信号源存在内阻，在测量时可能会因此使所测电压值产生误差。如图 5—5 所示，被测电路信号源的内阻为 R_s ，示波器的输入阻抗为 R_i ，则信号源的电压送到示波器时，示波器所得的电压值实际上是两个电阻的分压值。测量电压的计算公式如下：

$$\text{测量电压 } (U_i) = \frac{\text{输入阻抗 } (R_i)}{\text{输入阻抗 } (R_i) + \text{信号源内阻 } (R_s)} \times \text{信号源电压 } (U_s)$$

例如，信号源内阻为 $0.02\text{M}\Omega$ ，示波器输入阻抗为 $1\text{M}\Omega$ ，信号源电压为 1V ，则测量电压为

$$U_i = \frac{1}{1+0.02} \times 1 = 0.98 \text{ (V)}$$

误差为 0.02V ，约为 2% 。

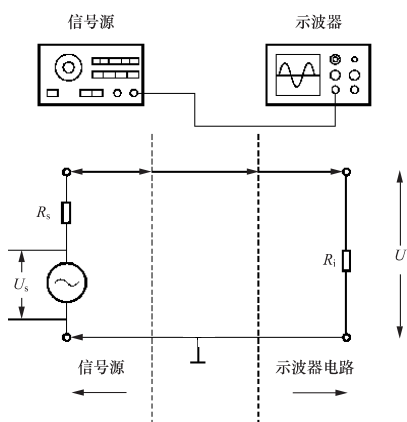


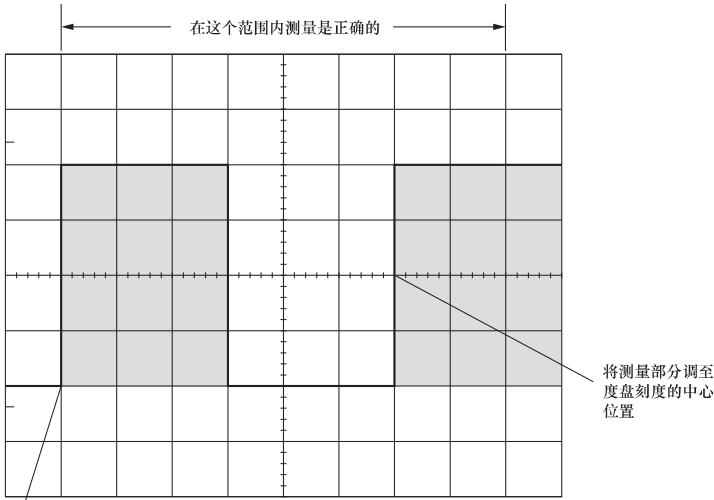
图 5—5 信号源内阻与示波器阻抗的关系

5.3 信号周期或时间的测量

使用示波器测量信号的周期是常用的项目。进行这种测量时，首先要将时间轴微调钮旋至校准位置（CAL）。将信号送入示波器，示波管上会出现信号波形。调整水平位置钮使波形的测量始点位于左侧 1 格处，如图 5—6 所示，然后根据时间轴扫描开关的位置即可计算出周期 T 。

$$\text{周期 } T = \text{水平距离} \times \text{时间轴挡} = 6 \times 1 = 6 \text{ (ms)}$$

$$\text{频率 } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.006} \approx 166.7 \text{ Hz}$$



调整水平位置钮使波形位于1DIV此处

图 5—6 周期的测量

5.4 脉冲信号的测量

5.4.1 脉冲宽度的测量

测量脉冲信号的宽度如图 5—7 所示。先调整垂直位置，使脉冲信号幅度的 $1/2$ 处与刻度盘的中心线重合，然后再调整水平位置钮，使脉冲上升沿中间位于左侧 1 格处。最后观测脉冲信号在水平轴上的距离，即可算出脉宽 W 。

$$W = 6.8 \text{ DIV} \times 50 \mu\text{s} / \text{DIV} = 340 \mu\text{s}$$

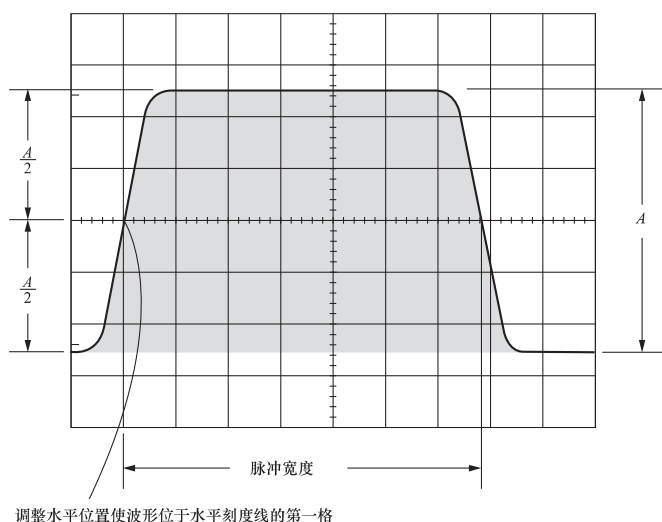


图 5—7 脉冲宽度的测量

5.4.2 脉冲上升沿和下降沿时间的测量

脉冲信号的波形如图 5-8 所示，图中标出了脉冲各部分的名称和部位。首先要明确各种量的含义，然后进行测量。

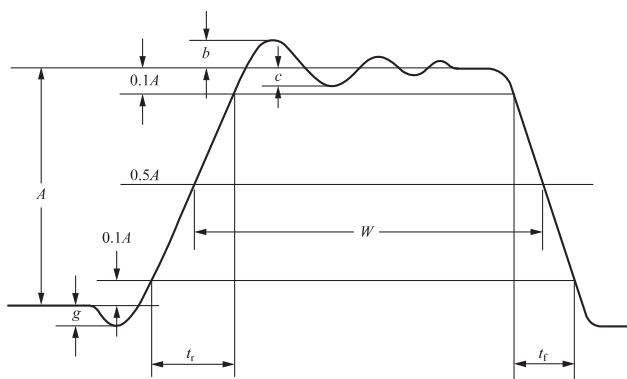


图 5-8 脉冲信号各部分的名称

A —基本振幅； $\frac{g}{A}$ —前置尖头信号； $\frac{b}{A}$ —过冲信号；

t_r —上升时间； $\frac{c}{A}$ —振铃信号； t_f —下降时间；

W —脉冲宽度

脉冲上升沿是指信号由 10% 上升到最大幅度的 90% 时所需要的时间，而下降沿则是从 90% 下降到 10% 所需要的时间，如图 5—9 所示。

脉冲信号的下降沿如图 5—10 所示，其检测方法同上。

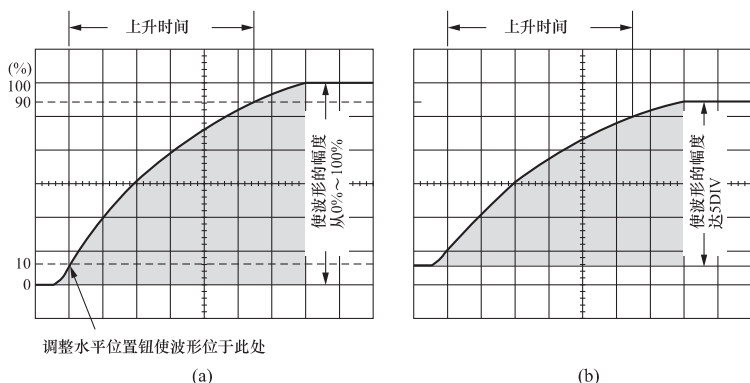


图 5—9 上升沿时间的测量

(a) 利用百分数 (%) 测量的情况：

(b) 没有百分数测量的情况

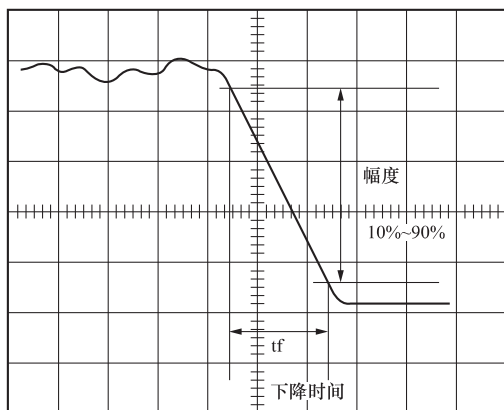


图 5—10 脉冲信号的下降沿

5.4.3 两信号时间差的测量

具有同步关系的两个信号，如要测其时间差，必须使用双踪示波器。两个信号分别送到 CH-1 和 CH-2，垂直模式开关选择 ALT 或 CHOP。一般信号频率较高时选 ALT 方式，频率较低选 CHOP 方式。这样两信号的波形会同时出现在显示屏上，微调垂直位置，使波形的 $1/2$ 幅度处于中间位置，如图 5-11 所示。观测两信号上升沿之间的水平距离，乘以扫描时间轴的标示值 ($50\mu\text{s}/\text{DIV}$) 即可算出两个信号时间差的数值。

$$\text{时间差 } (t) = 5.5\text{DIV} \times 50\mu\text{s}/\text{DIV} = 275\mu\text{s}$$

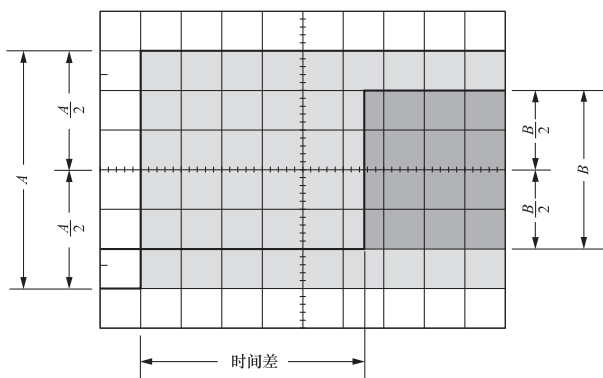


图 5-11 两信号时间差的测量

5.4.4 延迟特性对测量的影响

由于示波器本身的电路对信号有一定的延迟作用，所以会对脉冲上升时间的测量产生误差。通常示波器上升时间 t_1 与本身的带宽 f_c 有关， t_1 可由下列算式估算出

$$t_1 = \frac{0.35}{f_c} \quad (\text{s})$$

如果示波器的带宽为 10MHz，则上升时间为 35ns；带宽为 100MHz，上升时间为 3.5ns。

如果脉冲信号本身就具有一定的上升时间 t_2 ，当用示波器进行观测时，示波器的上升时间会使显示波形的上升时间 t 增加，如图 5—12 所示， $t = \sqrt{t_1^2 + t_2^2}$ 。

图 5—13 是一脉冲上升沿测量的实例。输入脉冲信号本身的上升时间为 100ns，示波器本身的上升时间为 35ns，在示波管上的波形的上升沿 $t = \sqrt{35^2 + 100^2} \approx 106\text{ns}$ ，就是说示波器有 6% 的测量误差。

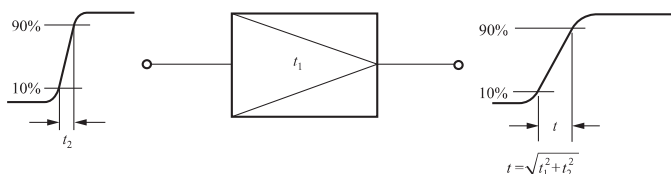


图 5—12 示波器测量脉冲上升时间的误差

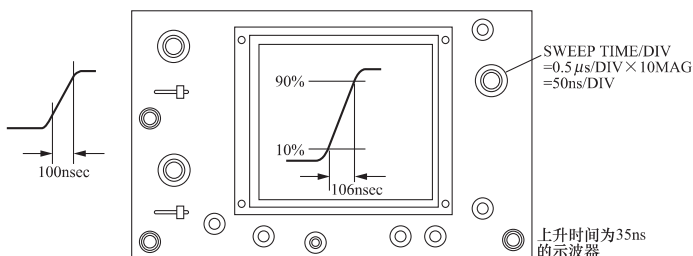


图 5—13 示波器延迟特性对测量脉冲的影响

5.5 相位差的测量

5.5.1 用单踪示波器测量正弦信号的相位差

典型信号的相位关系如图 5-14 所示，检测相位差可以一次选两个信号进行比较。

对于频率相等的两正弦信号的相位差可以使用示波器进行简单的测量。如果使用单踪示波器进行测量，将作为基准的信号送到垂直输入端，同时将此信号加到外触发信号输入端。此时调整时间轴，使波形的一个周期为 8DIV（格），如图 5-15（a）所示。再调整垂直位置钮，使波形处于屏幕的中央位置。由图可见，一个水平格相当于 $360^\circ/8=45^\circ$ 。

经过上述调整后，保持外触发输入的信号不变，将进行比较的信号送到垂直输入端。此时在相位上有一些延迟的波形出现在示波管上，波形起始位置与作为基准的信号的起始位置的水平距离即为相位差。从图 5-15（b）中可见，此相位差为 1.4DIV（格），则相位差（用 φ 表示）为

$$\varphi = 1.4 \times 45^\circ = 63^\circ$$

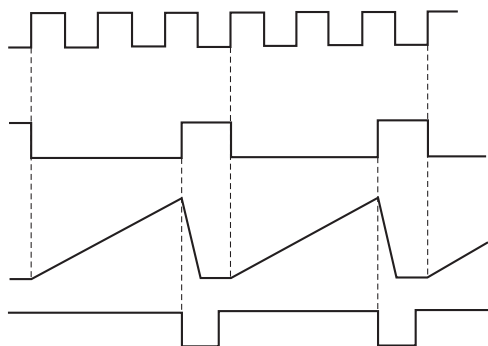


图 5-14 典型信号的相位关系

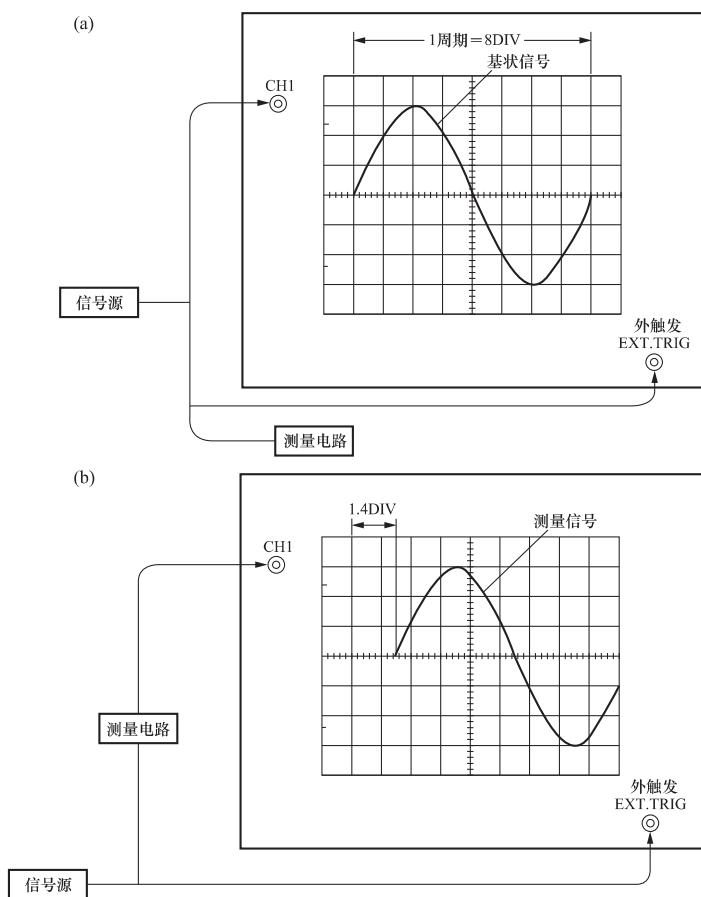


图 5—15 相位差测量

(a) 1 周期=8DIV; (b) 波形位于中央

5.5.2 用双踪示波器测量正弦信号的相位差

使用双踪示波器测量相位差，比使用单踪示波器简单而且准确。

测量时，将要比较的两个信号分别送到示波器的 CH-1 和 CH-2 输入端，垂直模式开关置于 ALT 或是 SHOP 任意位置。将触发信号源置于作为比较基准的信号输入端，例如以 CH-1 输入的信号为基准，则触发信号开关置于 CH-1。于是波形会出现在示波管上，如图 5-16 所示。调整时间轴和水平位置使波形的一个周期在水平轴上为 8 格，起始点为左侧 1 格处，此时两信号起始点之间的水平距离为相位差。此例距离为 1.5DIV，相位差 φ 则为

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

如果相位差很小，可以使用水平轴扩展钮扩大 10 倍（或 5 倍），则观测比较精确。

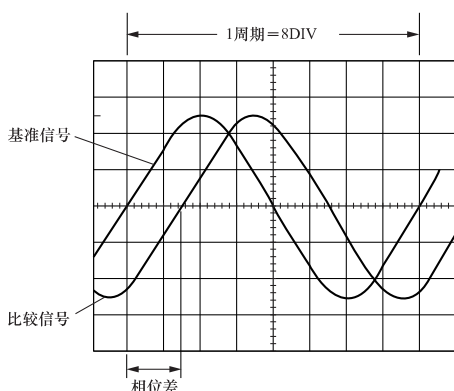


图 5-16 正弦信号的相位差测量

5.6 利用 X-Y 功能进行频率和相位的测量

5.6.1 利用 X-Y 功能测量频率和相位的连接方法

图 5-17 是测量一个电路输出与输入信号的相位差的连接示意图。

图 5-18 是一个音频放大器的相位测量示意图。

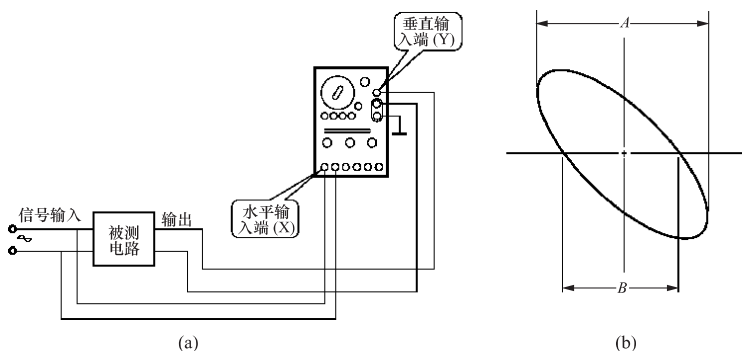


图 5-17 利用 X-Y 功能测量电路的输出与输入相位差

(a) 测量相位差的连接方法; (b) 显示波形

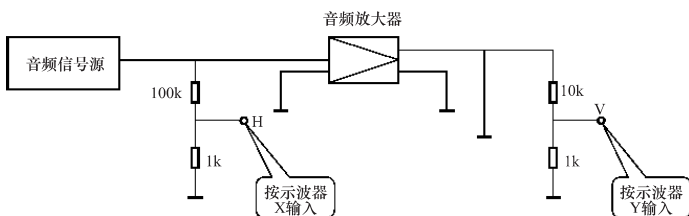


图 5-18 测量音频放大器的相位差

5.6.2 利用 X-Y 功能测量频率

利用 X-Y 功能进行频率测量就是利用李沙育 (LISSAJOUS) 图形进行频率测量。当示波器的垂直和水平信号输入端同时分别输入一个信号时, 在示波器上会出现如图 5-19 所示波形中的一种形状。由图可见, 当两个信号的频率和相位不同, 会有不同的波形。利用这个功能, 在测量某一个未知信号的频率时, 可以取一个已知的信号频率作为输入信号之一, 未知频率的信号作为另一输入。在测量时通过可以改变已知信号的频率, 同时观察示波器上的波形, 根据波形的形状即可判定未知信号的频率。

0°	45°	90°	135°	180°	频率比
					1:1
					2:1
					3:1

图 5-19 利用 X-Y 功能测量信号波形

5.6.3 利用 X-Y 功能测量相位差

从图 5-19 可知 X-Y 功能中两信号频率相同 (1:1) 相位不同时会有不同形状的波形, 利用这种方法可进行相同频率的相位差检测。

图 5-20 (a) 是两信号的频率比为 1:1, 相位差为 0 的李沙育图形的分解图, 此图是 Y 信号和 X 信号同相位时示波管上所形成的图形。图 5-20 (b) 则是 X 信号相对 Y 信号延迟 30° 的信号关系。

利用 X-Y 功能检测两信号相位差的实例如图 5-21 所示。

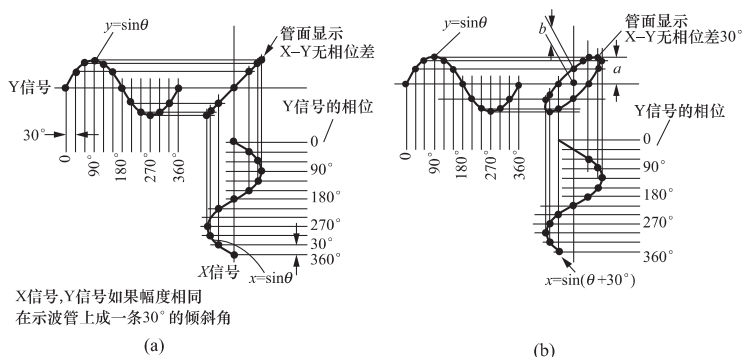


图 5-20 X-Y 功能的解析

(a) 1:1 相位差为 0° 的情况; (b) X 信号相对 Y 信号延迟 30° 的情况

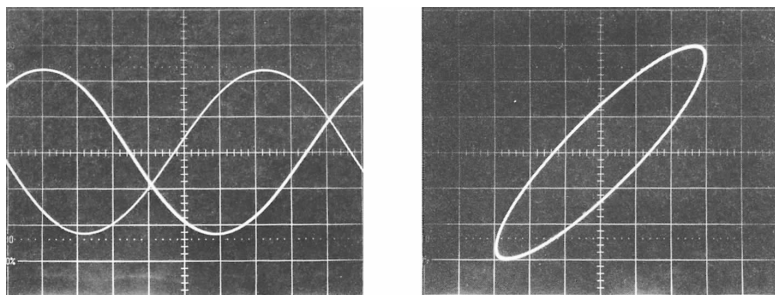


图 5-21 两信号的相位差检测实例

正弦波的解析图如图 5-22 所示。从图可见在圆周上的一点 D，由 D0 开始以恒定角速度旋转，D0→D1→D2……，D0、D1、D2……在 Y 轴上的坐标可以用 $\sin\theta$ 来表示，设圆的半径为 a ，D0、D1、D2……的 Y 坐标为 D ，相位角为 θ （相位差用 φ 表示），则 $\sin\varphi = \frac{b}{a}$ 。

在测量过程当中，如果信号之间的相位差不是 0、45°、90°、180°……这些容易观测的值，估算误差往往比较大。在这种情况下，为减小误差按图 5-23 所示的值进行测量，然后按公式进行计算以求出精确的相位差值。

即：
$$\sin\varphi = \frac{B}{A}$$

则
$$\varphi = \sin^{-1} \frac{B}{A}$$

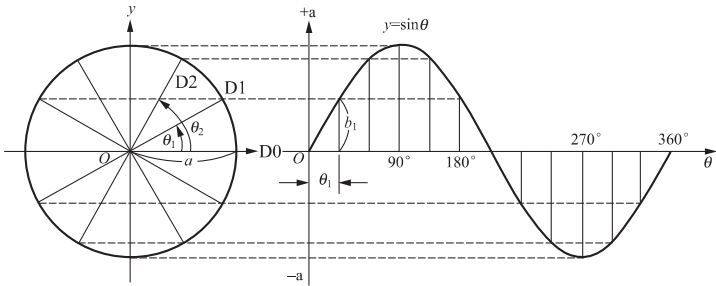


图 5-22 正弦波 (sin) 的分解图

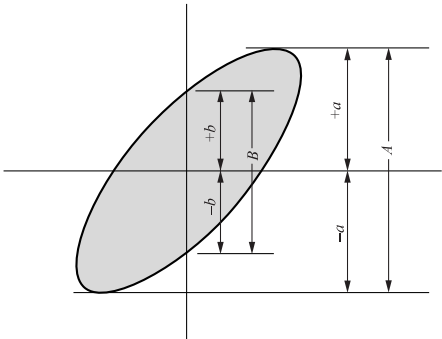


图 5-23 倾斜角的求解方法

5.6 利用 X-Y 功能进行频率和相位的测量

图 5-24 是求相位差的实例，测量值 A 为 4.4DIV， B 为 2.4DIV。按上述公式求得

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{B}{A} = \sin^{-1} \frac{2.4}{4.4} \approx 33.1^\circ$$

利用 X-Y 功能检测录音机双声道的相位差实例如图 5-25 所示。

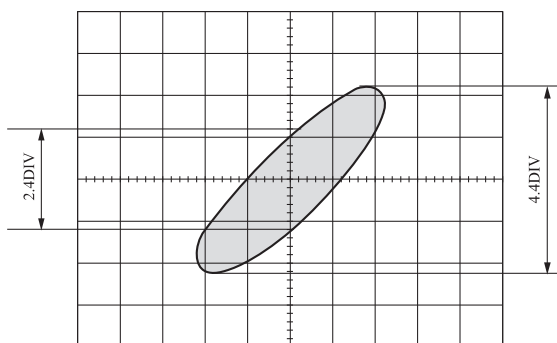


图 5-24 相位差求解例



图 5-25 利用 X-Y 功能检测双声道录音机的连接方法

5.7 示波器的误差及其消除方法

5.7.1 用示波器测量电压的误差

前面我们介绍了示波器垂直灵敏度约有 $\pm 2\%$ 的误差，这个误差与垂直灵敏度挡（VOLTS/DIV）的位置也有关。对双踪示波器来说，CH-1 和 CH-2 两个信号通道之间误差也不同，约有 3% 的误差。要进行较为精确的测量，必须了解各信号通道在不同测量范围内的误差大小。这样在实际测量时便可根据示波器本身具有的误差去修正实际测量值，便可得到精确的测量值。

例如如图 5-26 所示为一个实际测量情况，将两个信号相位一致、幅度不同的信号分别送到 CH-1（2.1V）和 CH-2（1.9V）。如果两信道的误差分别为 $+1\%$ 和 -1% ，各自的幅度误差为

$$\text{CH-1} \quad 2.1 \times 1\% = 0.021 \text{ (DIV)}$$

$$\text{CH-2} \quad 1.9 \times (-1\%) = -0.019 \text{ (DIV)}$$

上述两信号的差电压应为 $U = 2.1 - 1.9 = 0.2 \text{ (DIV)}$

两个信号之差的电压值也会有误差，其误差为 $0.021 - (-0.019) = 0.04 \text{ (DIV)}$ 。实际测量时，可用示波器的差状态测量。通过这种计算可知，用示波器测量的两个信号的差值会有 20% 的误差。

实际测量时将示波器垂直灵敏度挡调至 0.2V/DIV 挡（指高灵敏度），显示的差信号幅度为 1.2DIV 。

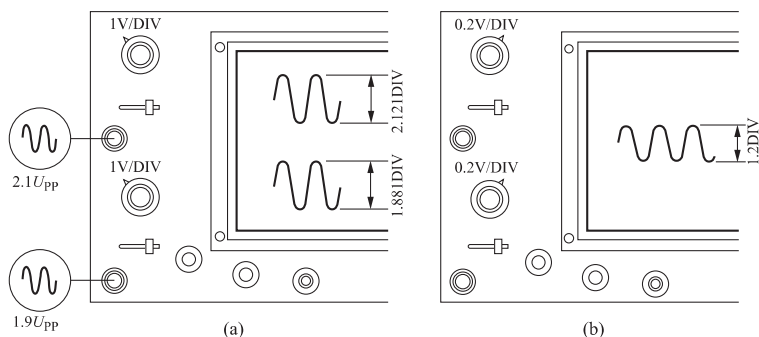


图 5-26 示波器误差对测量的影响

(a) 测量两通道的误差；(b) 减信号的误差

进行实际测量的时候，先对示波器两个信号输入端 CH-1、CH-2 输入同一个信号，如图 5-27 所示，由于两个信号通道的增益有误差，所以示波管上会有大小不同的波形显示。因为实际波形应当是相同的，这时可微调一下波形幅度大的信号通道的灵敏度微调钮（VARIABLE），使两个波形大小相当。这种调整实际上是将两个信号通道的增益相等，如图 5-27（b）所示。经过这样调整后再从两个输入端输入其他信号，示波器的两个通道之间就没有误差了，如图 5-27（c）所示。

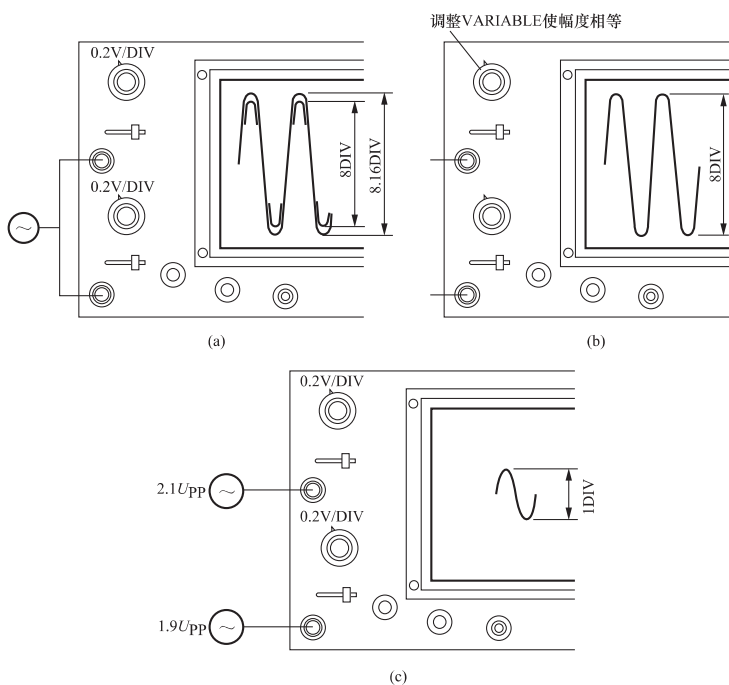


图 5-27 消除示波器误差的方法

- (a) 测量两通道的误差；(b) 通过微调修正误差；
(c) 消除误差后再实测信号

5.7.2 探头对脉冲波形的影响

示波器的输入耦合方式采用交流 (AC) 方式。观测低频方波信号, 会出现如图 5-28 所示的波形, 如果采用直流 (DC) 耦合方式, 就不会有图 5-28 中的下降情况。示波器的下降量 D 可用波形的下降幅度与波形的上升沿幅度之比来表示, 即

$$D = \frac{b}{a} \times 100\%$$

这种下降量是与频率有关的。当用示波器的交流耦合方式进行测量时, 如低频截止频率为 f_c , 所测量的方波信号的频率为 f_s , 其下降量可由下式计算

$$\frac{b}{a} = \frac{1 - e^{-\pi \frac{f_s}{f_c}}}{1 + e^{-\pi \frac{f_s}{f_c}}}$$

此公式适用于对称形方波的检测。如果示波器的低频截止频率为 $f_c = 5\text{Hz}$, 方波信号频率为 $f_s = 50\text{Hz}$, 测量时的下降量为

$$\frac{1 - e^{-\pi \frac{50}{5}}}{1 + e^{-\pi \frac{50}{5}}} \times 100\% \approx 15.6\%$$

从计算可知, 其波形的下降量是很大的。如果使用衰减型探头 (衰减量为 10:1), 则会有明显改善。此时灵敏度变成原来的 1/10, f_c 也变为 1/10, 则 $f_c = 5/10 = 0.5\text{Hz}$ 。

重新计算如下

$$\frac{1 - e^{-\pi \frac{50}{0.5}}}{1 + e^{-\pi \frac{50}{0.5}}} \times 100\% \approx 1.57\%$$

由此可见, 所观测的波形下降量有明显减小。

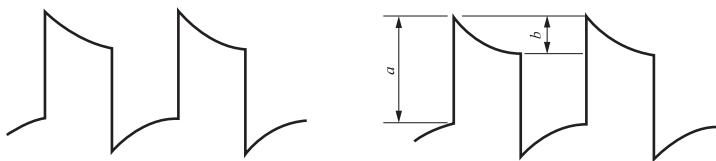


图 5-28 方波波形的下降量

5.7.3 测量高频信号的方法

测量高频信号时常常需要使用探头。示波器所用的探头有很

多种，其性能中最重要的就是高频特性，影响高频特性的主要是探头的头部结构，即图 5—29 所示的①部分。头部挂钩的部分可以拧下来，检测的信号通过电缆送到示波器的信号输入端。

探头的内部电路如图 5—30 所示。

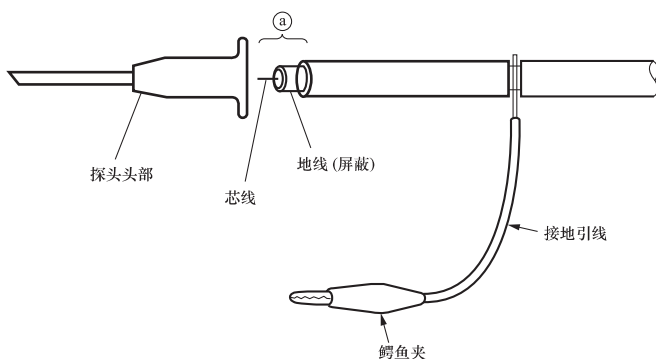


图 5—29 示波器探头的头部结构

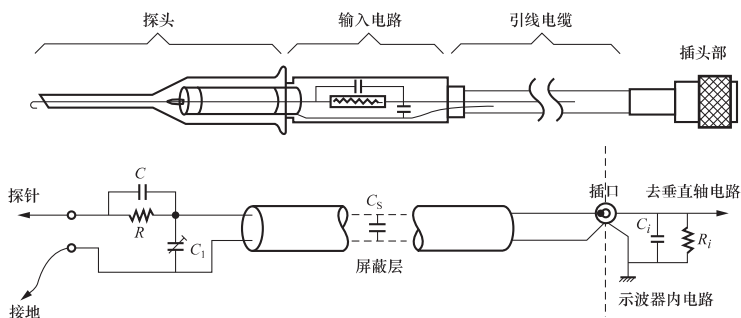


图 5—30 示波器探头的内部电路

示波器探头的高频特性可用图 5—31 所示的方法进行测量。将示波器探头接到具有 50Ω 输出阻抗的信号源输出端，在这种状态时通过调整可以得到最佳特性。但是当用示波器的探头进行电路测量时，如使用如图 5—32 所示的接地线，会对高频信号产生不利的影响（ $30\sim 50\text{MHz}$ ）。特别是由于接地线过长，其影响会更大，使用示波器接地夹接到所测电路的接地点会减少这种影响。

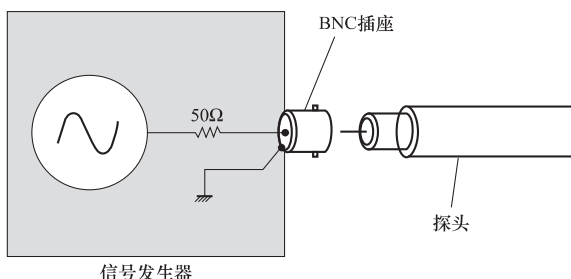


图 5—31 示波器探头特性的检测

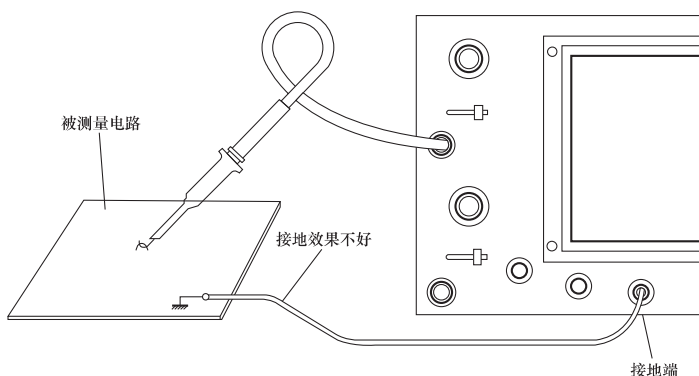


图 5—32 测量电路时避免接地线过长

示波器探头的等效电路如图 5-33 所示, 当用探头检测信号时, 相当于被测信号经过探头电路后再送到示波器的输入电路中, 该电路的阻抗比较高, 对低频信号无任何影响。但是高频信号则影响比较大, 尤其是同轴电缆的分布电容的影响更大, 分布电容实际上是电缆的芯线与外皮屏蔽层之间的电容, 它与电缆的长度成比例, 电缆的长度越长分布电容也越大。示波器的探头与示波器地输入阻抗构成一个分压式衰减电路。从图可见, 对于阻抗衰减型探头选择 10 : 1 挡时, 如图 5-34 所示, 输入信号衰减 1/10, 输入阻抗由 $1\text{M}\Omega$ 变为 $10\text{M}\Omega$ 。

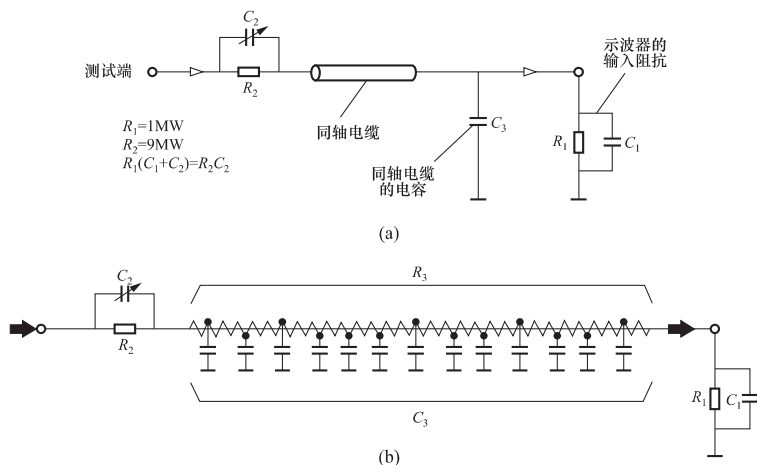


图 5-33 示波器探头及等效电路

(a) 示波器探头的等效电路; (b) 同轴电缆的分布电容

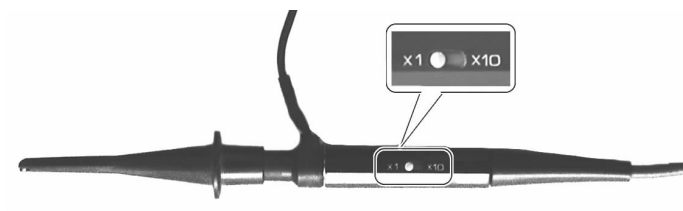


图 5-34 示波器探头的衰减开关

为了便于使用，在示波器的探头上设有校正电路，以适应输入信号的频率。示波器探头的等效电路和调整部位如图 5—35 所示。

要在输入信号的情况下，调整探头的电容，如图 5—36 所示。一边观察示波器上的波形，一边微调电容。使波形最为理想。

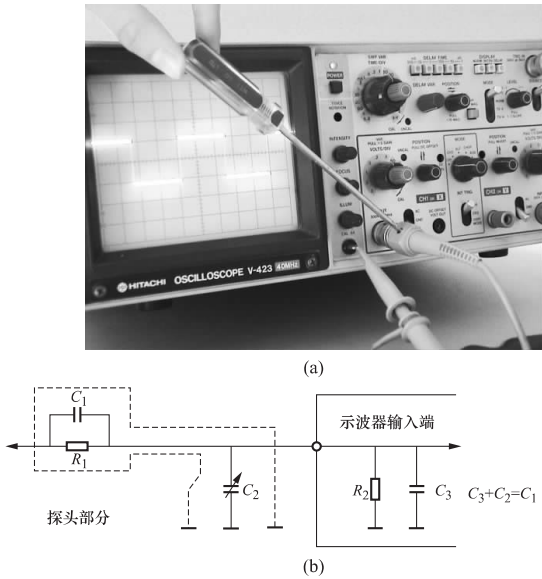


图 5—35 示波器探头的微调电路

(a) 探头的微调部位；(b) 探头电路

C_2 —可调电容； C_1 、 R_2 —示波器输入阻抗

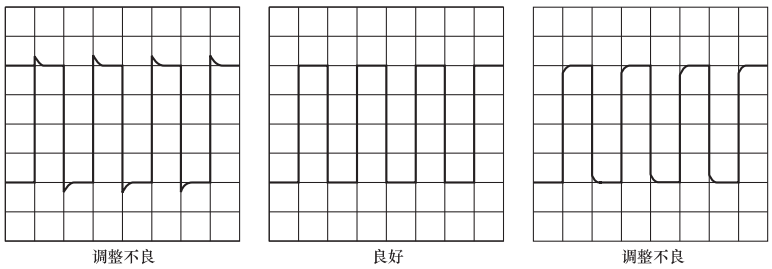


图 5—36 探头的调整与信号波形

5.7.4 差动放大器输出信号的检测方法

如示波器的输入方式选择直流耦合方式，当测量重叠在直流分量上的交流信号时，若直流电压的值远远大于交流分量，则观测合成信号的时候交流部分的波形不容易看清楚。而要提高灵敏度，交流波形又会移出示波管屏幕。例如观测图 5—37 所示的差动放大器的输出信号 (U_{out})，就会遇到这个问题。为此，在检测端与地之间分别并接 RC 元件。示波器的接地点为①， C 为交流接地元件， R 上的压降为交流分量， C 上的压降为直流分量。一般 R 为 $10\text{k}\Omega$ ， C 为 $30\mu\text{F}$ 。数字万用表测量直流电压值，示波器测量交流信号波形。

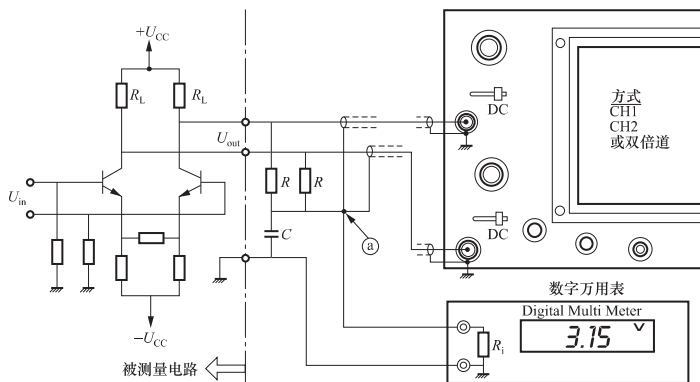


图 5—37 提高观测灵敏度的方法

5.8 示波器在音频设备中的常用检测项目

5.8.1 频率特性的测量

频率特性是指整机或电路的频率范围和对不同频率的响应性能。对音频设备来说主要是指收音机、放大器等电路的幅度对频率轴的变化特性，不同频率的信号增益是否一致、高频或低频性能如何等。

检测频率特性的方法如图 5-38 所示，使用双踪示波器时，将低频信号发生器（信号源）的输出在送到音频电路的同时，也直接送到示波器 CH-1 的信号输入端，被测音频电路的输出再送到示波器的 CH-2 信号输入端。测量时，使信号源的输出电压保持恒定，然后测量输出电压，再求出频率特性。根据测量的输入和输出电压值即可以求出电路的增益（A）。

$$\text{增益 } A = \frac{\text{输出电压 } U_o}{\text{输入电压 } U_i}$$

通常增益用 dB 表示

$$\text{增益 } A = 20 \log_{10} \frac{U_o}{U_i} \text{ (dB)}$$

如果 $U_i = 10\text{mV}$ $U_o = 1000\text{mV}$ ，则

$$\text{增益 } A = 20 \log_{10} \frac{1000}{10} = 40 \text{ (dB)}$$

如果使用单踪示波器进行测量时，可先测量输入电压。然后测量输出电压，再求出增益值。

测量频率特性时，保持信号源的输出幅度不变。改变信号源的输出信号频率，从低频到高频测量若干频率点的增益，就得到

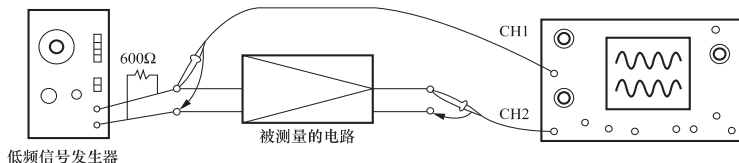


图 5-38 用示波器测量频率特性

了电路的频率特性。例如一个普通音频放大器在 $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ 的范围内增益基本一致，变化量不超过 $\pm 1\text{dB}$ 。

使用扫频信号发生器测量频率特性，可以直接读出频率特性的值，如图 5—39 所示。

扫频仪可以在一定的频段范围内输出频率连续变化的信号，如图 5—40 所示。这样可以很方便直观地看出信号在什么频率上有衰落。

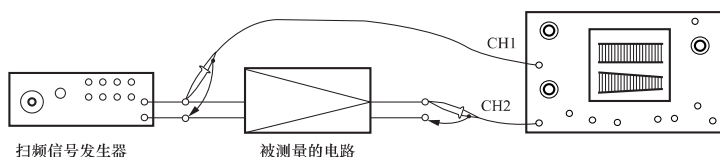


图 5—39 使用扫频仪和示波器测频率特性

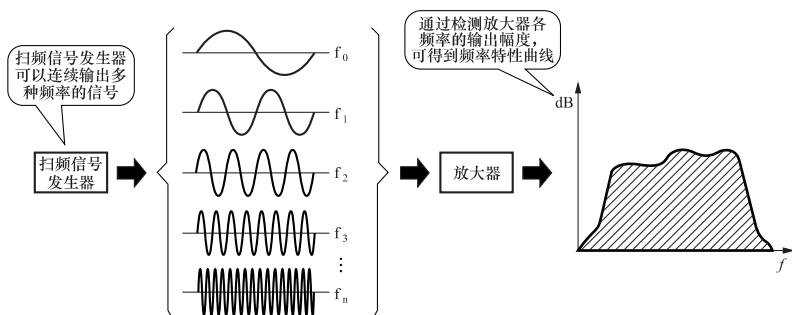


图 5—40 扫频输出信号和放大器的频率特性

检测音频放大器的特性，可以通过对输入方波信号检测。即通过对方波上升沿和下降沿的检测来评价放大器的性能，这种方法称为方波响应测量法。前面我们介绍过脉冲幅度从电压的 10% 上升到 90% 的时间称为上升时间，下降时间则相反，如图 5—41 所示。脉冲上升沿的倾斜的程度用 V/ms 表示，被称为上升速率。上升速率高表示放大器音频性能好。

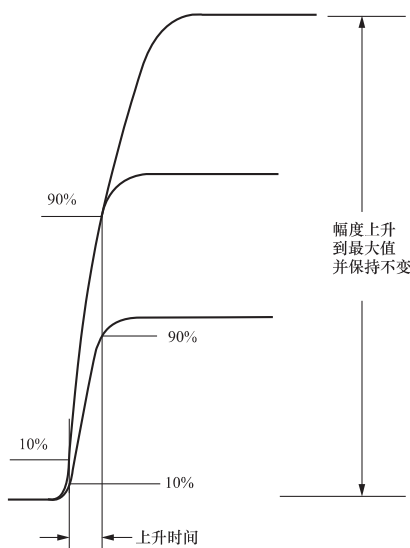


图 5—41 用脉冲信号的上升沿时间
检测放大器的音频特性

另外，用检测方波信号的方法还可以判别放大器的频率特性。如图 5-42 所示，如放大器的低频性能不好，则方波顶部有倾斜下降的情况出现；频率特性良好，则方波正常，波形方正；如果高频特性差，则波形上升不良，如放大器高频有提升，则方波前沿有过尖峰出现。

如需要严格的测量应按图 5-43 所示对示波器探头的电容进行调整，以满足频率特性的要求。

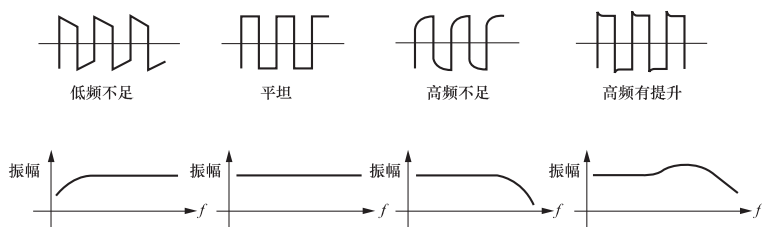


图 5-42 根据方波的形状评价频率特性

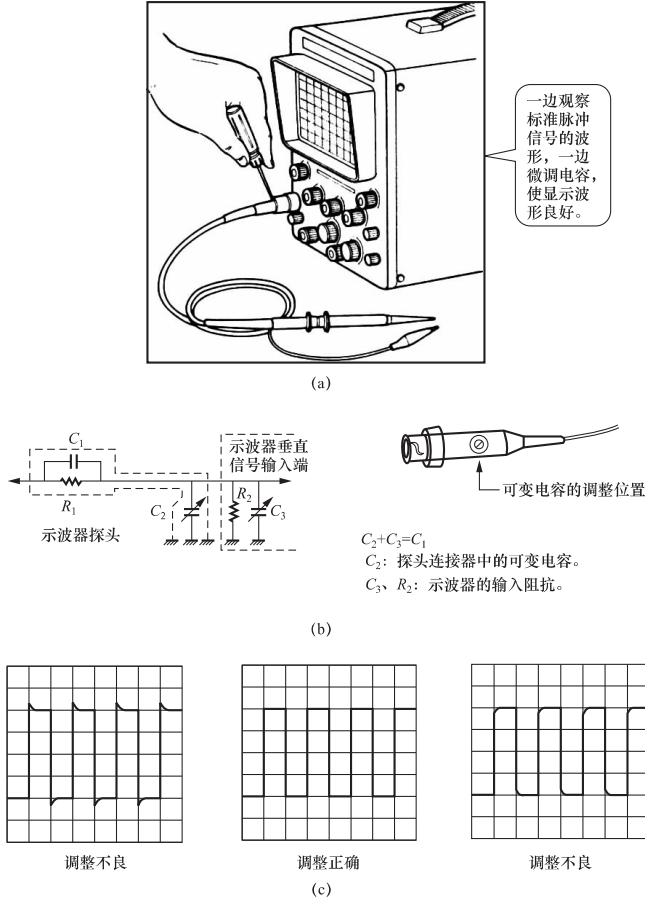


图 5—43 示波器探头频率特性的校正方法

(a) 示波器探头的校正；(b) 探头内的等效电路；(c) 方形波的校正

5.8.2 最大不失真功率的测量

利用图 5—44 所示的方法可以测量放大器的最大不失真功率。将低频振荡器输出的信号 1kHz 正弦波送到被测放大器的输入端，同时将此信号也送到示波器的 X 轴输入端。放大器的输出经过探头送到示波器的 Y 轴，同时接交流电压表。示波器的工作在 X—Y 方式，在示波管上会出现李沙育图形，如图 5—45 所示。当示波器出现变形的临界点的输出为放大器最大不失真输出时，在负载上测得电压值，就可以算出最大不失真功率，即

$$P_o = \frac{\text{放大器输出电压 } E^2}{\text{放大器负载电阻 } R_L}$$

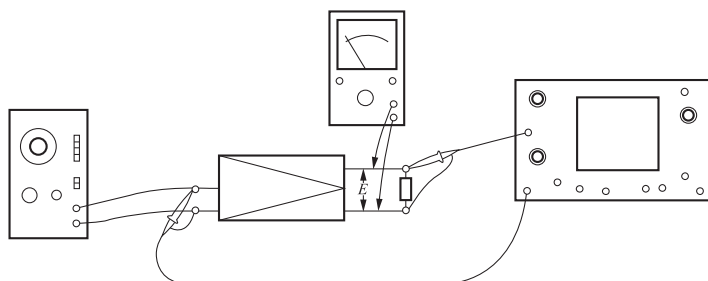


图 5—44 放大器最大不失真输出电压的测量方法

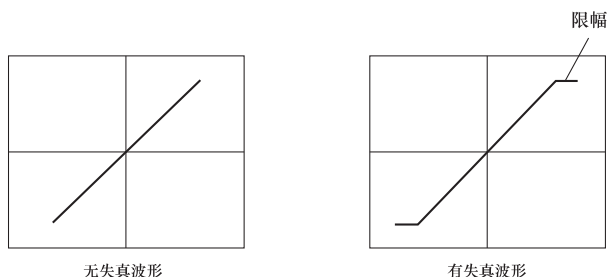


图 5—45 根据 X—Y 方式的图形测失真

利用示波器可以监测高频振荡的形成。在负反馈放大器中，如果没有适当的相位补偿易于发生自激振荡。这种情况是在放大器没有信号输入时电路自己产生的振荡信号，在监测示波器上会有高频信号的波形出现。通过调整负反馈或是衰减高频可以防止振荡的形成。

借助示波器也可以比较方便地进行放大器工作点的选择。确定工作点就是选择晶体管的偏置电阻 R ，选择方法如图 5—46 所示，图中示出了放大器的电路结构。将低频信号发生器 1kHz 正弦信号加到放大器信号输入端，放大器的输出接到示波器上。

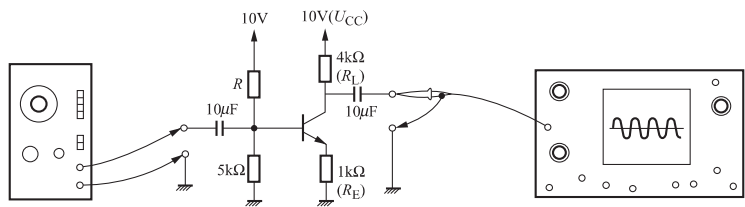


图 5—46 最佳偏置电阻的选择方法

一边观察示波器上的波形，一边调整电阻 R 的值（可以用电位器微调）。当波形上下同时出现削顶时，如图 5-47 所示，即 R 的值为最佳偏置点（工作点）。从图 5-47 可见，当晶体管无信号时，集电极—发射极间的电压等于电源电压 U_{CC} 的 $1/2$ 时，可以得到最大不失真输出。

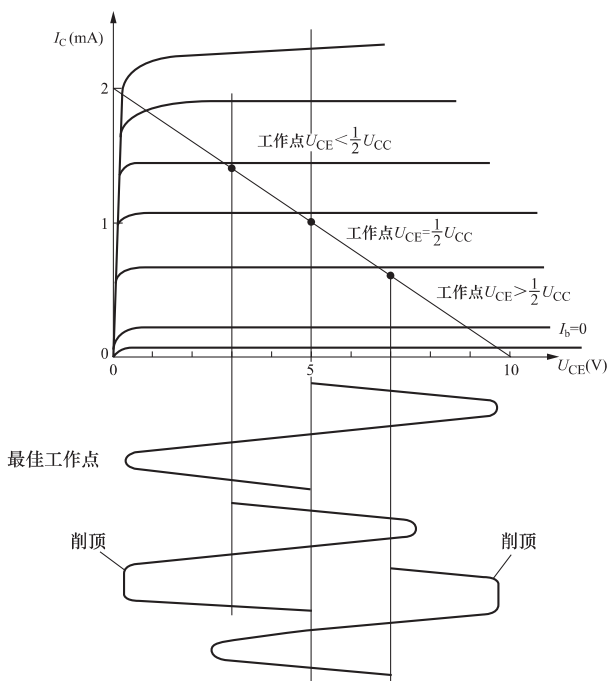


图 5-47 最大不失真输出的工作点

5.8.3 立体声录放机的相位测量

立体声录放机磁头的方位角会影响双通道信号的相位差，应使磁头输出的相位一致，否则会影响音频立体声效果。具体调整办法是利用示波器观测两通道输出信号的相位差，同时微调磁头方位角，使李沙育波形在 $0 \sim 90^\circ$ 的范围内即可。注意，不能在 $135^\circ \sim 180^\circ$ 的范围内，如图 5—48 所示。

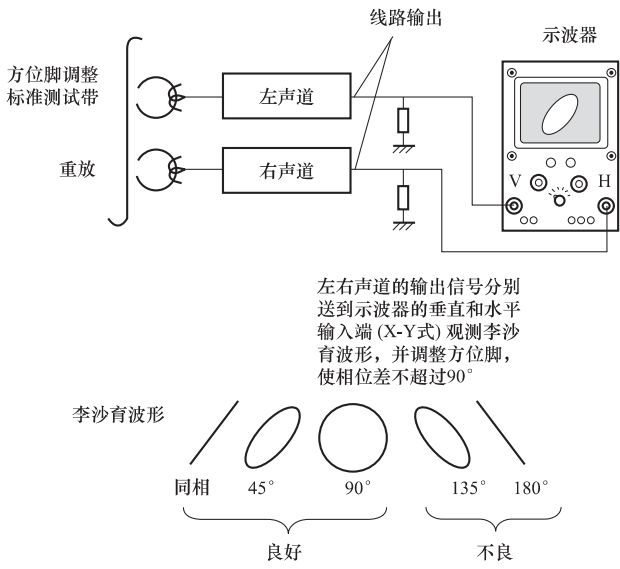


图 5—48 立体声录放机双通道相位的调整

6.1 电视机的信号及检测

电视机是处理音频和视频信号的设备，它具有很多单元电路，每种单元电路处理的信号都有各自的特点。通过对各部位的信号检测可以判别其电路工作是否正常。因此，在电视设备的研制、开发、调试、维修工作中都需要示波器。通过对波形的形状、幅度、频率等项参数的测量可以判别电路的工作状态及性能，能快速判别电路是否有故障。

不同型号和款式的电视机所采用的电路结构和所用集成电路的型号可能有很大的不同。由于电视机所接收的信号是相同的。因而，信号在电视机内的处理过程是相同的。在电视机中总能找到关键电路的检测端和特征信号。检测这些信号，可以判别电视机的工作状态。电视机中主要的信号有几种，主要的有视频图像信号、伴音信号、扫描信号、控制信号和电源供电信号。每种信号的波形都有各自的特征，在检测电视机电路时，把握住这些信号特征，对于判别电路的工作状态和故障是十分有用的。

6.2 彩色电视机各部位的信号波形

彩色电视机的实际电路结构和主要部位的信号波形如图 6-1 所示, 各种信号的处理过程如图 6-2 所示, 这是一部结构最简单的彩电的电路方框图, 从图中可以看出各部分电路的输入输出信号波形, 从而可以了解彩色电视机的工作过程。图 6-1 所示是一个典型两片机的电路结构, 即主要电视信号处理电路中使用了两个集成电路, 一个是完成中频信号处理的集成电路, 其中包括视频检波和伴音解调电路, 另一个是进行视频处理和形成扫描脉冲的集成电路, 其中包括亮度和色度信号处理的电路, 以及行、场扫描信号的产生电路。

电视机中各种信号的处理过程如下 (参见图 6-2):

电视高频信号由天线接收后被送到调谐器中, 在 U/V 调谐器中选取经高放后与本机振荡信号混频, 形成中频信号 (通常也叫图像中频信号)。其频带宽度为 8 MHz, 包含有图像中频和伴音中频信号。我国图像中频信号的载频为 38MHz, 伴音中频的中心频率为 31.5 MHz。调谐器输出的中频信号经过滤波 (绝大部分用声表面波滤波器 SAW, 它主要提供通道的幅频特性) 后输入到图像中频处理单元电路。它首先把中频信号放大, 然后对其进行视频检波, 得到视频全电视信号。这一信号中除含有图像信号外, 还包括有由 38 MHz 图像载频与 31.5 MHz 伴音中频差频后形成的 6.5 MHz 的新的伴音中频信号, 即第二伴音中频信号。之后, 视频全电视信号被分成两路进行处理, 一路经过 6.5 MHz 带通滤波器, 提取出 6.5 MHz 的第二伴音中频信号 (调频的), 经过伴音中放、限幅电路和鉴频器后得到伴音音频信号, 最后经过音频放大电路, 进行放大, 并送给扬声器还原成声音。另一路经过 6.5 MHz 的陷波器, 吸收掉 6.5 MHz 伴音信号, 取出 0~6 MHz 的视频全电视信号。它含有亮度信号、色度信号和行场同步信号以及加在行同步头上的色同步信号。这一组信号经各自的分离电路分离后, 分别送往三个单元电路: ①亮度信号处理电路; ②色度信号处理电路; ③扫描信号产生电路。具体处理过程是: 其一, 经过 4.43 MHz 的

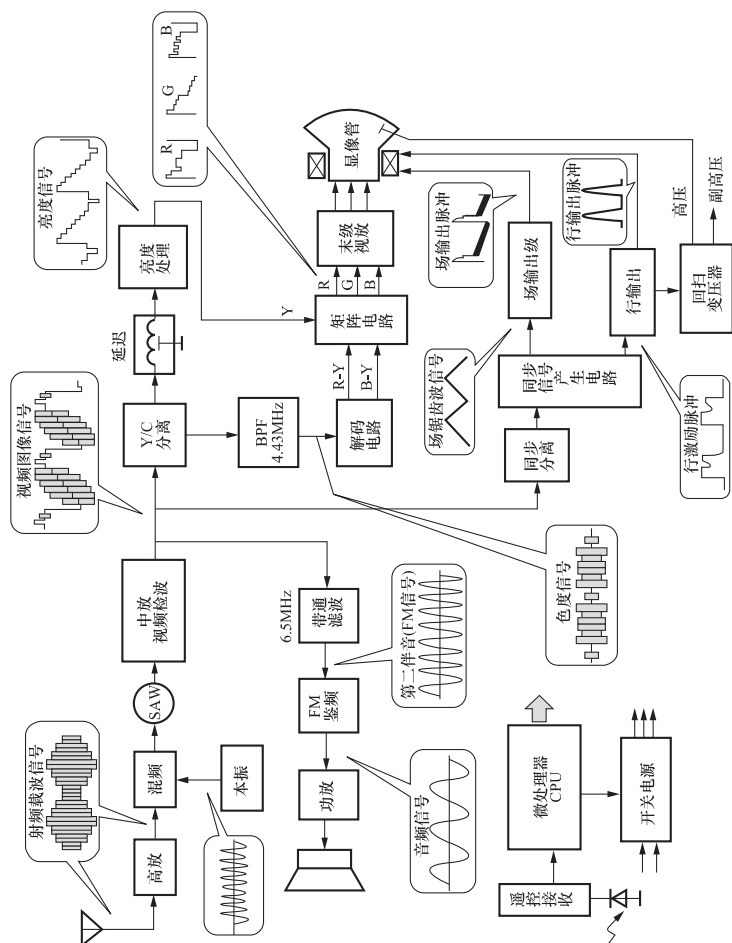


图 6-1 彩电的电路结构及信号波形

陷波器，去掉视频信号中的 4.43 MHz 的色度信号，输往亮度信号处理电路，得到可形成黑白图像的亮度信号。其二，经过 4.43 MHz 带通滤波器，即从 0~6 MHz 视频信号中只取出 $4.43\text{ MHz} \pm 1.3\text{ MHz}$ 的色度信号（包括色差和色同步信号），输往色度信号处理电路（色解码电路）。经解码处理得到红—亮（R—Y）、绿—亮（G—Y）、蓝—亮（B—Y）三个色差信号，再经矩阵电路得到红（R）、绿（G）、蓝（B）三基色信号，再送到显像管电路。其三，经同步分离后去行、场扫描信号产生电路，视频全电视信号在同步分离电路中通过幅度鉴别分离出行同步信号和场同步信号，分别送到行、场振荡电路。振荡电路的频率和相位将在同步信号的控制下，保持接收机行、场扫描的顺序与发射端相同即实现同步。行、场扫描电路输出行场偏转电流给偏转线圈使显像管上形成光栅。

从上述信号处理过程可见，电视机各部位的信号都是不同的，熟悉这些信号波形的基本特性，对检测各部分电路、判别电路的性能是很有帮助的。

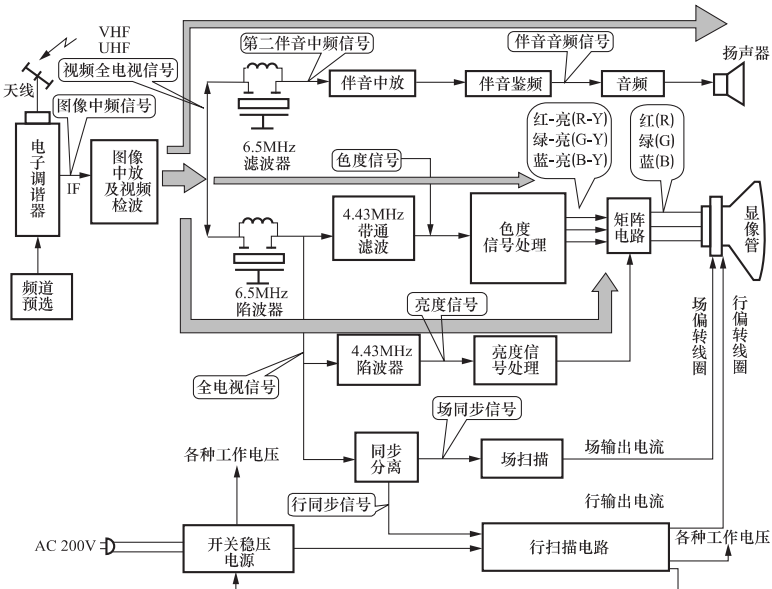


图 6-2 彩电各种信号的处理过程

图 6—3 是彩视频系统关键点的信号波形。

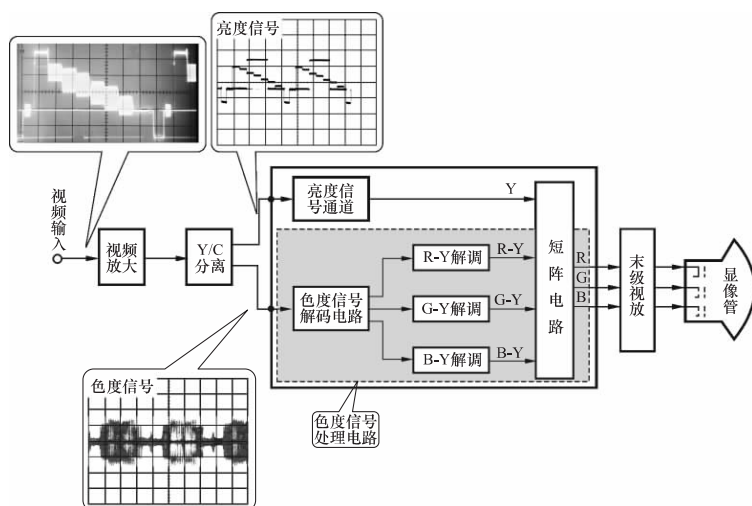


图 6—3 彩视频系统关键点的信号波形

6.3 彩色电视机控制系统的信号检测

6.3.1 数字量变成模拟量的控制信号

彩色电视机的控制系统方框图如图 6—4 所示，它是以微处理器 CPU 为核心的自动控制电路，彩电的亮度、色度、对比度、音量、频道选择以及电源开关等都可以通过遥控器控制。此外，目前很多的遥控彩电还增加了可控制外接音频/视频设备的 AV 端子或 RGB 接口电路。另外，绝大多数遥控彩电还设有屏显功能，即屏幕上能显示很多字符、图形，以表示正在工作的模式及操作调节过程，故也叫字符显示。

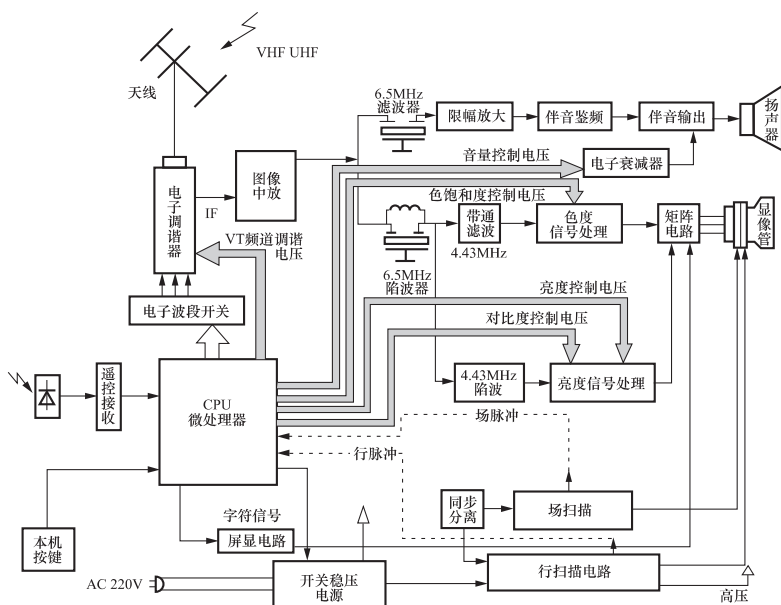


图 6—4 彩色电视机的控制系统方框图

下面我们介绍一下遥控彩电的工作过程及信号种类。

天线接收的高频电视信号首先送到调谐器中，调谐器对射频信号进行放大和混频，并将所接收的射频信号变成中频（38 MHz）信号，然后送到中频电路进行中放、视频检波和伴音解调。调谐器的调谐控制由微处理器（中央处理器，简称 CPU）进行。微处理器产生的数字调谐信号经调谐接口电路变成频段选择电压和 0～30V 的直流调谐电压送到调谐器中。

微处理器电路根据本机操作键输入的键控指令，或红外遥控器送来的指令信号，发出各种控制信号，控制选台、调节音量、色饱和度、对比度、亮度、屏显、开关机等。CPU 输出的是数字信号，要将其变成模拟信号电压，再进行控制。通常 CPU 的控制信号为 PWM（脉宽调制信号）信号，经放大和 RC 低通滤波后就可以变成与脉宽成正比的直流电压。这个直流电压就可以对模拟电路进行控制。

有的彩电还设有 RGB 端子电路（RGB 接口电路），是与家用电脑或图文电视设备相联的接口电路。这样图文设备的 R、G、B 信号可直接加到 R、G、B 矩阵电路。

彩电复合视频信号与 R、G、B 信号的波形如图 6-5 所示。

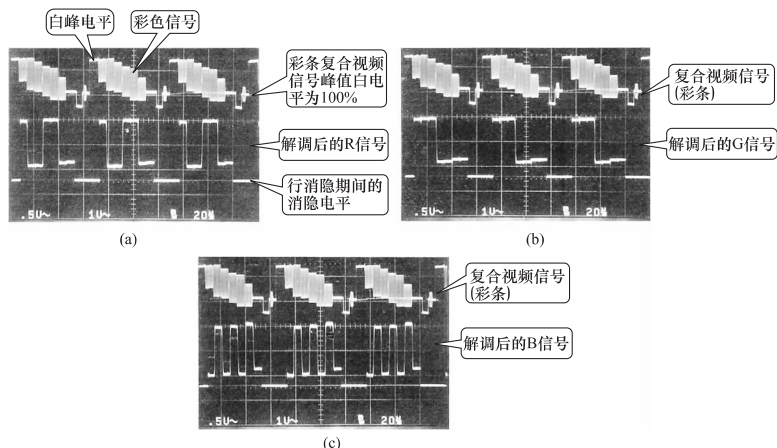


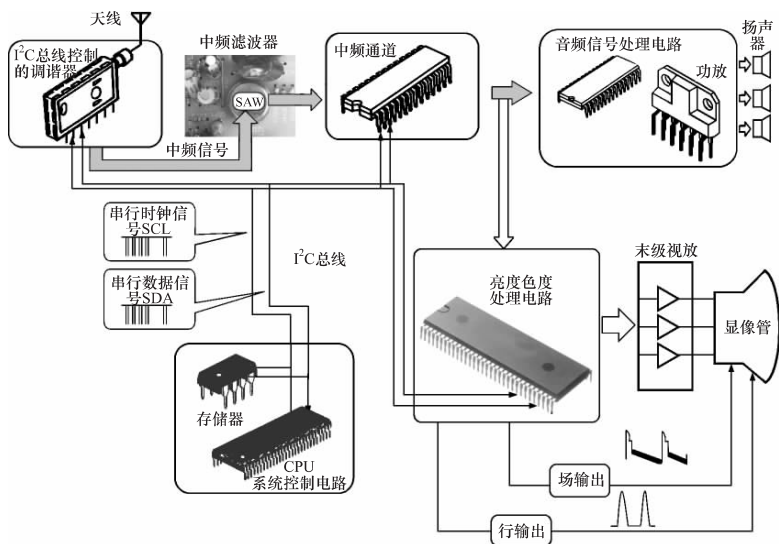
图 6-5 复合视频与 R、G、B 视频信号的波形

(a) R 信号；(b) G 信号；(c) B 信号

6.3.2 I²C 总线控制系统的信号检测

I²C 总线是英文 Inter Integrated Circuit BUS 的缩写，直译为“内部集成电路总线”，一般称为“集成电路间总线”。它由一条串行时钟（SCL）线和一条串行数据（SDA）线配对构成。信号波形都是幅度为 5V 的脉冲列，它是一种数字编码信号，一般只需要测量脉冲的幅度。为测量编码则要使用数字存储示波器。因为数字信号都是用 0 和 1 来表示的，0 和 1 所在的位置不同，代表的含义也不同。它们的位置所代表的含义是在设计中确定的。时钟信号是识别数据的基准，在电路中对数据的识别要靠时钟信号来定位，才能准确地解码。数据信号中包含各种需要控制的信息，它是一条双方向可以传递的信息线。各种控制信息和受控电路中的反馈信息都在这条线中传递。

大屏幕彩电中的 I²C 总线如图 6-6 所示。系统控制中心（微处理器）通过 I²C 总线与各集成电路联系，即受控的集成电路挂在 I²C 总线上。微处理器起控制作用，称为主控 IC；挂在 I²C 总线上

图 6-6 大屏幕彩电中的 I²C 总线

的 IC 是受控 IC，处于服从地位，称为从属 IC。电视机根据不同的设计，挂在 I^2C 总线上的从属 IC 的数量是不相同的。例如，电视机在正常使用中用户所进行的选台，调节音量、亮度、色饱和度、对比度和开关机等操作控制（使用控制）时挂接 IC 较多，对于电压合成式的调谐器，当 Y/C 分离电路不采用数字式梳状滤波器时，就不用挂在 I^2C 总线上。存储器是系统控制不可缺少的电路，它总是和微处理器配对使用。

6.4 伴音解调电路的结构和检测信号

6.4.1 伴音信号的处理过程

伴音解调电路的功能是从电视信号的载波上将伴音信号提取出来，这个提取的过程就是解调。电视机的伴音解调电路的任务是完成电视伴音的解调和放大，使声音信号有足够的功率去推动扬声器。其电路方框图如图 6-7 所示。从图可见，伴音电路是由伴音中频滤波器（带通滤波器）、第二伴音中放限幅放大器、鉴频器、前置放大器、音量控制、功率放大器等电路组成。通常把伴音中频放大器、鉴频器和电子音量衰减器做在一块集成电路里，或与图像中频电路做在一起。

典型音频信号的波形如图 6-8 所示，从图可见音频信号中包含有很多频率成分。

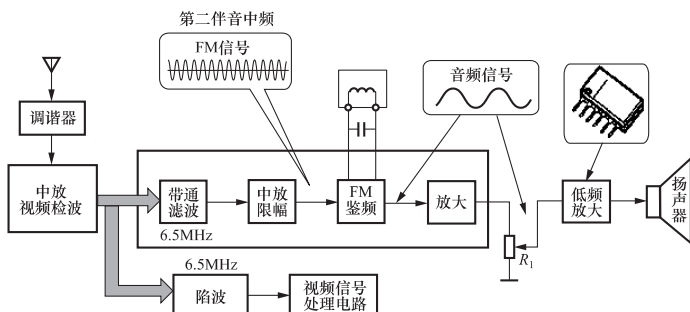


图 6-7 伴音电路的基本构成



图 6-8 典型音频信号的波形

视频检波输出的视频全电视信号，包含 6.5 MHz 的第二伴音中频信号。进入 6.5 MHz 带通滤波器，取出 6.5 MHz 调频伴音中频信号，然后由伴音中放电路作限幅放大，再送到鉴频器，鉴频器解调出伴音音频信号。至此已还原出伴音信号，但它的功率小，不足以推动扬声器，所以这种小音频信号要经前置音频放大器和功率放大器后才送入扬声器。为了能控制音量，在前置放大或功率放大器还设有音量控制电路。音量控制的方法有多种，最简单的是电位器分压法，用电位器作音频前置放大器音频输出的负载，从活动滑臂上取出信号送功率放大级。在集成电路电视机中目前多采用直流电压音量控制法，其方法是在音频前置放大器与功率器之间设一个电子衰减器。图 6—9 是一个流程音频信号处理图。图中的增益可控放大器，受微处理器控制，微处理器输出的音量控制信号（PWM）经接口电路后变成控制增益的直流电压，可以实现音量控制。由于采用了微处理器的控制功能，故易于开发伴音静噪和静音功能。静音功能使微电脑控制电路产生一高电位——静音控制电压，送至音频放大器音量控制端，暂停伴音输出。

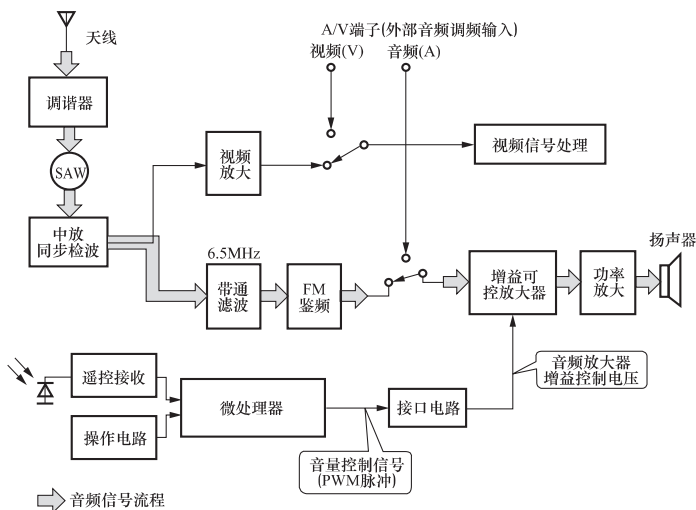


图 6—9 音频信号处理流程图

目前,大多数彩电的伴音通道中,还有两个附属电路:一种是AV接口电路。为了使电视机具有连接录像机、VCD、DVD机等音频视频设备,播放节目的功能,设置了AV接口电路。它的主电路是集成化的电子开关,图6-9中给出了音频切换的示意图。伴音解调器(鉴频器)输出的音频信号不直接送往音频预置放大电路,而先送往AV切换电路,与外部音频信号切换后,将切换后的信号送去音频放大电路。

还有伴音中频制式转换电路。由于世界各地电视广播制式的差别,第二伴音中频信号的频率有4.5、5.5、6.0、6.5MHz等多种。因此,有必要增加伴音中频制式转换电路或多通道鉴频电路。这一电路的本质是使用电子开关、带通滤波器及变频技术,使伴音解调电路适应各制式的伴音中频,而其转换过程则由微电脑来控制。

伴音电路的检测要注意波形特征,第2伴音中频信号是一种调频信号,这种信号的波形不容易观测,这是由于信号的频率随音频信号不断变化。但鉴频后就变成了伴音音频信号,电视节目的伴音主要是讲话和音乐节目,一般在示波上显示出很多不同频率和幅度的正弦被合成一起。对于音频放大器通常只改变信号的幅度,波形的形状是不变的,如果波形的形状发生了较大的变化,就是电路产生了失真。这是比较容易判别的。

6.4.2 伴音电路检测实例

图 6-10 是彩色电视机中伴音电路的结构实例，从图可见，它主要由音频信号处理电路和音频功率放大器构成。电路的输入、输出端都应有音频信号波形。

下面我们介绍一下典型音频电路的检测，电路结构如图 6-11 所示。伴音解调和外部输入的音频信号经 AV 切换电路后形成两个声道的信号（L、R）。这两个信号分别送到音频信号处理电路 IC601（NJW1136）的①脚和③脚，由微处理器电路 IC101 输出的 I²C 总线控制信号加到 IC601 的⑭脚（SDA 信号）和⑮脚（SCL 信号）。IC601 对输入的 L、R 信号进行处理，包括音量、音调、立体声等，处理后分别由⑦脚和⑫脚输出 R、L 信号，作为主声道的信号分别送到 IC602 的④脚和⑫脚，IC602 对这两个声道的信号进行功率放大，放大后⑭、⑮脚输出送到 R 扬声器，①②脚输出送到左扬声器。

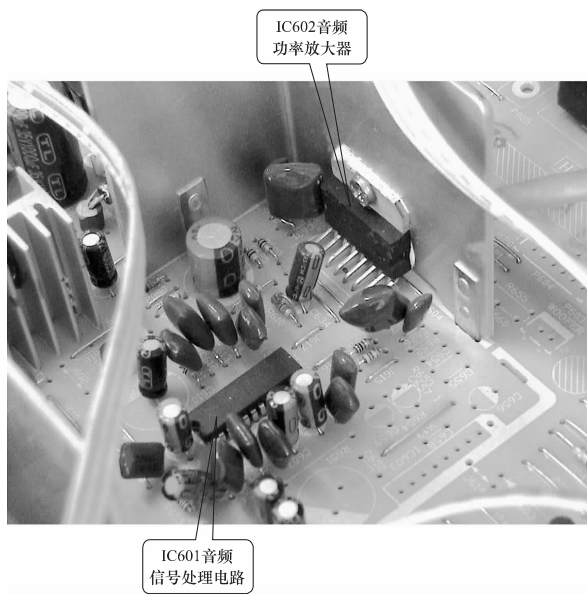
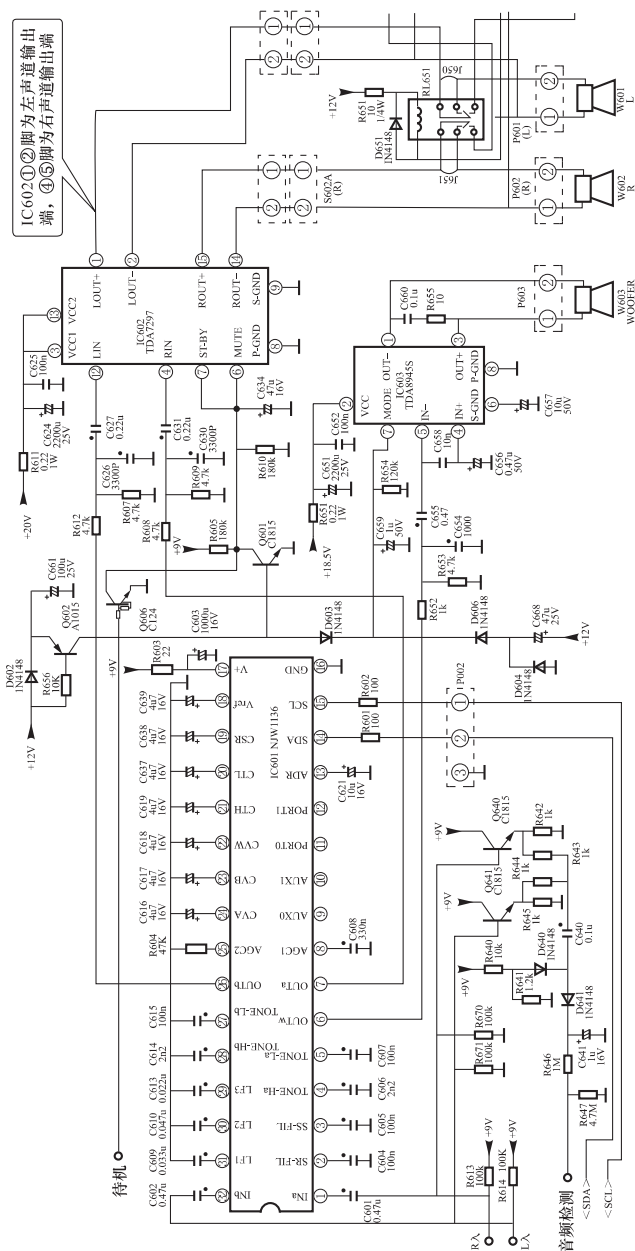


图 6-10 伴音电路实例



IC601⑥脚输出重低音信号，然后送到 IC603 的⑤脚，IC603 为重低音功率放大器，它的输出为①、③脚，接到低音扬声器上。

9V 电源加到 IC601⑰脚为信号处理电路供电。+20V 电源为主功率放大器 IC602③、⑬脚供电，18.5V 为重低音功放 IC603②脚供电。

音频电路有故障通常表现为无伴音、音质不好或有交流声。应先查供电，如供电失常则会引起无声。其次是检测信号波形，波形消失的部位往往是发生故障的部位，通常可以使用感应法进行检查，用螺丝刀或镊子触碰集成电路的信号输入端，正常时扬声器会有咳咳的噪声，如无噪声则表明有故障。

图 6-12 所示为音频电路的安装图，图中特别指出的是音频电路的主要器件、检测部位及信号波形。如果无信号，则音频电路中有故障存在。

图 6-12 的上部是音频电路的元器件安装部位图，音频主声道的功率放大器（IC602）由于热量较高，需要安装在散热片上，图中未示出 IC602 的部位。图 6-12 的下部是音频电路印制板的示意图，各元件的焊点和零件代号都标在印制板上，用示波器的接头触到焊点上即可测量该元件引脚的波形。在测量前要将示波器的接地点与被测电路的地线接在一起，也可用示波器探头上的接地夹，接到音频电路的按地点上，测量过程中要注意防止将被测电路短路。音频信号处理电路输入和输出的幅度差别不大，而功率放大器的输入和输出幅度相差较大，因为功率放大器的增益较高。

目前，电视机中采用了环绕立体声信号处理电路，TDA9859 是常用的一种音频处理集成电路。

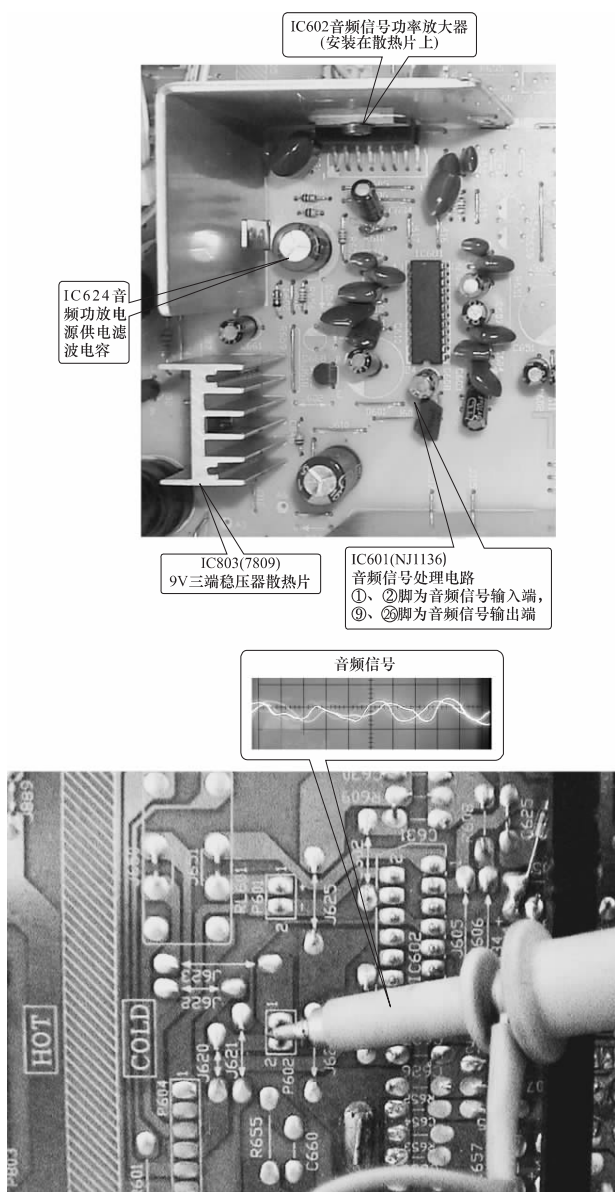


图 6-12 音频电路的安装图

TDA9859 的内部功能方框图如图 6-13 所示。

图 6-14 为 TDA9859 的应用电路图及输入、输出端的信号波形。电视机接收的伴音信号分别由 ③、⑤ 脚输入，⑨、②④ 脚输出线性的 R、L 声道信号并进入 SRS 音效处理电路。经处理后的 R、L 信号再由 ⑩、②③ 脚进入集成电路内，继续完成音量控制、立体声模式控制、高低音及左、右声道平衡调整等处理，再由 ⑩、①⑤ 脚输出进入音频功率放大器。

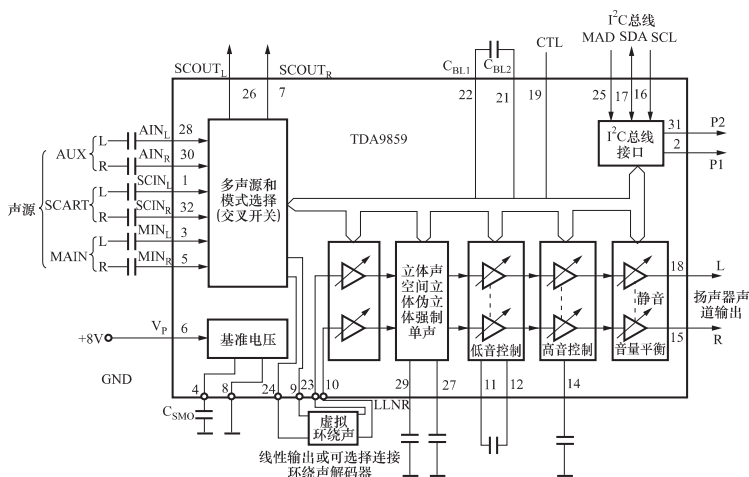


图 6-13 TDA9859 音频信号处理电路内部框图

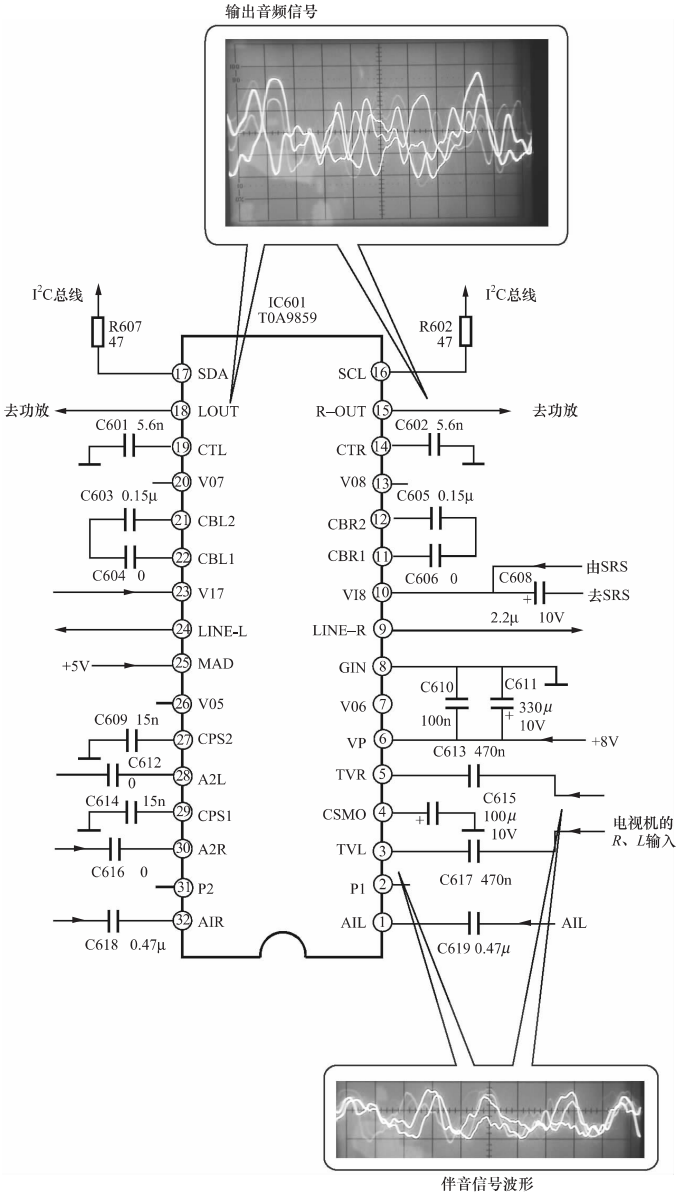


图 6-14 TDA9859 的应用电路图及输入输出端的信号波形

6.5 视频、解码电路的功能和信号检测

6.5.1 视频电路的主要信号

彩色电视机的亮度、色度处理电路也叫视频、解码电路。其功能是把由视频检波器输出的视频全电视信号解调成红、绿、蓝 (R、G、B) 三基色信号，或是三个色差信号和一个亮度信号提供给显像管。其电路方框图如 6—15 所示。这些电路都集成在大规模集成电路之中。由方框图可以看出，亮度、色度信号处理总体方案是：把视频图像信号分离成亮度信号和色度信号，然后由两路分别解调。亮度信号形成经放大钳位、延时、对比度等处理后送到矩阵电路，色度信号经解码处理后形成三个色差信号，最后在矩阵电路形成三基色信号，由彩色显像管还原为彩色图像。

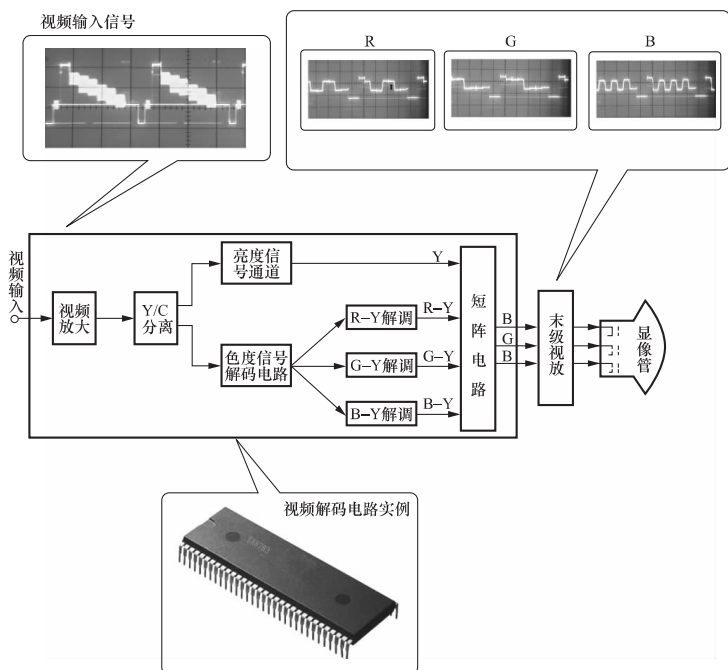


图 6—15 亮度、色度信号处理电路的功能方框图

6.5.2 视频电路的基本构成

视频电路主要是亮度、色度信号处理电路，它是彩色电视机中的主要信号处理电路。随着集成电路技术的发展和彩色电视机制造技术的成熟，彩色电视机的主要信号处理电路都可以集成到一个集成电路芯片上，这样既提高了性能，简化了电路结构，省去了很多调整环节，提高了可靠性。于是便开发了很多各具特色的大规模集成电路，用于彩色电视机中。目前流行的彩色电视机中采用两片机或单片机的比较多。将中频放大，视频检波、伴音解调等部分集成一起制成一个集成电路，再将视频解码和行场扫描信号的产生电路集成在一起制成一个集成电路。这两个集成电路联合起来完成彩色电视机的信号处理任务，因为使用了两个集成电路，便称之为两片机。而将上述两片机的电路都集成到一片集成电路芯片上，便被称之为单片机。如图6-16所示。将这种单片机的电路与微处理器合在一起制成的大规模集成电路被称之为超级芯片，如图6-17所示。一般来说这种大规模集成电路内部的电路损坏是无法修理的，只有更换整个集成电路。所以只需判断是集成电路损坏即可，而不必细查是集成电路中的哪一部分有故

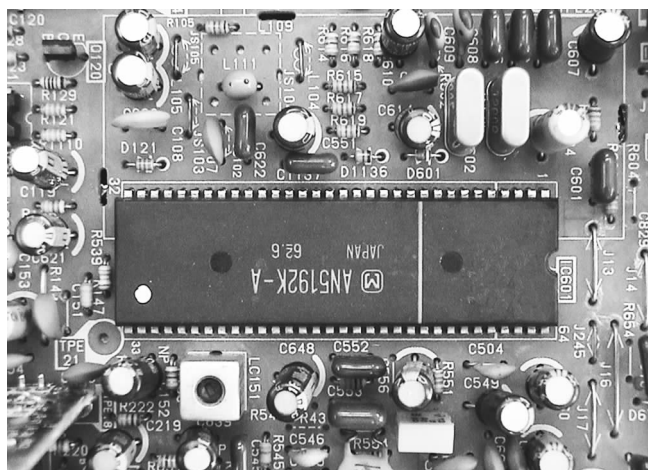


图 6-16 单片集成电路

障。这样使电路的检修变得简单了。整机电路的简化，便于增添新的电路，扩展新的功能。例如梳状滤波器、清晰度增强电路、高画质和高音质电路，以及画中画、图文解码、丽音等各种数字电路。

市场上流行的亮度、色度信号处理电路有很多型号，例如TA8783、TDA8841/42/43/44、LA7680、LA76810等。这些集成电路它们的功能有些基本相同，只是引线脚的功能不同，因而不能更换使用。下面我们介绍几种典型的集成电路和结构特点。

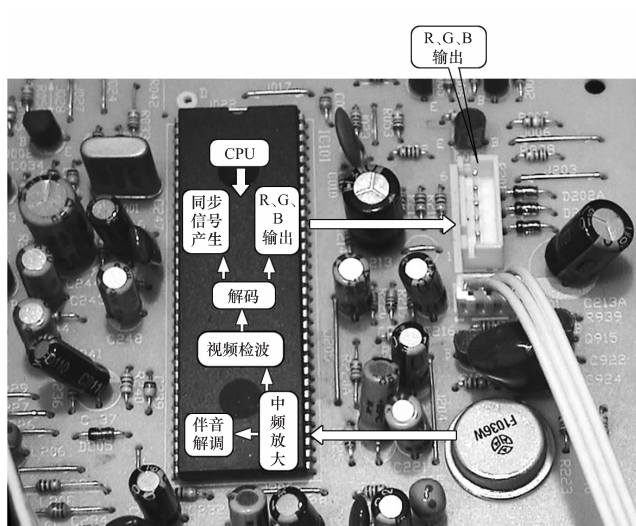


图 6—17 超级单片集成电路

6.5.3 亮度、色度电路的信号检测方法

1. 电路构成

我们以 TCL—2118 彩色电视机为例, 介绍一下亮度、色度信号处理电路的故障检测方法。

TCL—2118E 的中频、视频、解码电路 IC201 用 LA76810, 它还具有产生行场扫描信号的功能。其电路结构如图 6—18 所示, IC201 在主电路板上的焊接如图 6—19 所示。

2. 中频电路

由高频头送来的中频信号, 经声表面波中频滤波器 Z101, 滤除杂波和干扰以后, 将中频信号送到 IC201 的⑤、⑥脚, 中频信号在 IC201 中首先进行中频放大, 然后进行视频检波和伴音解调, IC201④⑤、④⑥脚外接中频谐振线圈 T201。IC201④脚输出检波后的视频图像信号送往 TV/AV 切换电路。IC201⑤脚输出检波后的第二伴音载频信号经 RCL 组成的高通滤波器滤除视频图像信号的干扰以后送到 IC201 的⑤脚进行限幅和 FM 鉴频, 从第二伴音载频上解出伴音音频信号, 然后从 IC201①脚输出, 送往音频功率放大器。

中频电路通过对视频信号的检测形成高频自动增益控制电压 (RF AGC), 由 IC201④脚输出送到高频头的 AGC 端。

中频电路通过对中频载波的检测形成 AFT 电压, 由 IC201⑩脚输出送往微处理器 (CPU) 的⑭脚, 无信号时为 4.6V, 调谐到节目时为 2.3V, 作为调谐搜索的参照信号。

在视频电路中, 从视频图像信号中分离出复合同步由 IC201②脚输出, 送往 CPU (IC101) 的③脚, 也作为调谐搜索的参考信号。

3. 亮度、色度信号处理电路

本机接收的视频信号 (IC201④⑤) 和外部视频输入的信号都送到 AV 切换电路, 经切换控制后, TV 视频 (或 S—C 信号) 送回 IC201④脚, 外部视频 (或 S—Y 信号) 送到 IC201 的④脚。

在 TV 收视状态本机视频送到④脚作为视频信号进行处理。当 S 视频端子有视频信号输入时, S 端子的检测信号送到 CPU③脚, S 端子的色信号 (S—C) 送到④脚, S 端子的亮度信号 (S—Y)

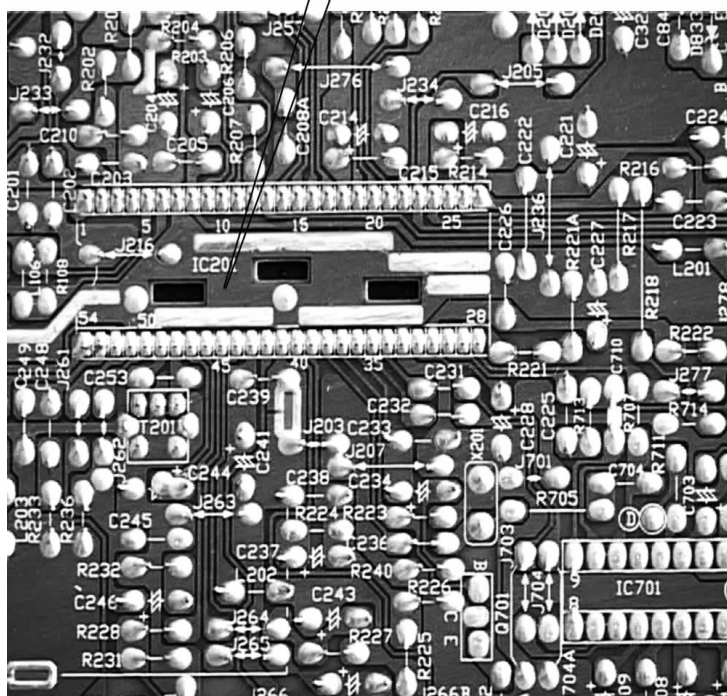
送到④₂脚。

在 IC201 中亮度和色度信号处理后形成 R、G、B 三基色信号分别由 IC201 的⑲、⑳、㉑脚输出。然后送往显像管电路。

由微处理器产生的字符显示信号 R、G、B 和消隐信号 (Y) 送到 IC201 的⑭、⑮、⑯、⑰脚。在 IC201 中经电路处理叠加到视频图像信号上。

微处理器对视频信号的处理是通过 I²C 总线的串行数据信号 (BUS DATA) 送到 IC201 的⑪脚, 串行时钟信号 (BUS CLOCK) 送到 IC201 的⑫脚。控制数据在 IC201 中译码后变成对各部分的控制信号。例如微处理器对亮度、色度、失真校正等控制就是通过

IC201(LA76810)集成电路为54个引脚的双列直插式结构, 其引脚排列顺序为上排从左到右①~②脚, 下排从左到右为③~⑤脚



I²C 总线进行的。

色副载波晶体振荡器是为解码电路提供色副载频信号的，IC201⑳脚外接 4.43MHz 的晶振 X201，作为谐振元件与内部电路一起形成稳定的 4.43MHz 正弦信号，正常时幅度为 0.6V。

4. 行场扫描信号产生电路

TCL—2116E/2118E 彩电的行场扫描信号产生电路也是在单片集成电路 IC201 (LA76810) 之中。晶振信号经过分频电路形成标准行频和场频的扫描脉冲。由 IC201㉔脚输入的行脉冲是由行回扫变压器送来的，它作为行鉴相电路的比较信号，与视频图像分离出的行同步信号（作为基准）进行鉴相（APC），使 IC201 输出的行场扫描脉冲与视频信号同步。IC201㉗脚输出行扫描信号去行电路（行激励 Q401），IC201㉓脚输出场扫描脉冲去场输出级电路（IC301⑤）。

IC201 中行场扫描信号输出电路的电源单独设置，IC201㉕脚为电源供电端，㉕脚的电源受微处理器的控制，微处理器启动电源后才有电压加到 IC201㉕脚，才有行场脉冲输出，行输出级才工作。在待机状态，此脚无电源行电路不工作。

工作时行回扫变压器 T402⑦脚的信号加到㉑脚作为自动束流控制信号。

5. LA76810 电路的故障检修

IC201 的检测部位和信号波形如图 6—18 所示。

TCL—2116E 的中频、视频（亮度、色度）电路都集成在 IC201 (LA76810) 之中。这个电路或是外围的部分有故障都会引起图像方面的故障，或是伴音方面的故障，由于行场扫描信号的产生也在这个单片集成电路之中，因而此电路不良也会引起扫描电路不能正常工作。

（1）中频部分的检查。中频电路是 LA76810 的一部分，它的主要功能是完成视频检波和伴音解调，由⑤、⑥脚输入中频信号，④⑤脚输出视频图像信号，⑤②脚输出第二伴音载频信号。在正常收视状态，用示波器检测④⑤脚，如有视频图像信号表明中频电路工作正常。

如无视频信号，再查⑫脚有无第二伴音载频信号，如伴音正常，则应查 LA76810 的外围元件，如⑫脚无信号，表明中频电路有故障，也可能高频头中频预放或声表面波中频滤波器等部分有故障。可用信号发生器输出中频信号加到声表面波中频滤波器的输入端，测④脚输出的视频信号，或用其他彩色电视的中频信号加到声表面波中频滤波器或⑤、⑥脚，看④脚的视频信号。如无信号表明中频电路有故障，注意④、⑤脚外的 T201 损坏也会影响④脚的视频信号输出。

(2) 视频电路的检查。图像或彩色不良或无图像，应查视频电路，即亮度和色度信号处理电路。

视频信号处理电路的功能是对亮度信号进行处理，对色度信号进行解码最后形成 R、G、B 三基色信号送到显像管电路。视频信号处理电路的工作是否正常，可直接用示波器检测 IC201 ⑩、⑪、⑫脚的 R、G、B 输出，如无此信号或波形失常，表明视频电路有故障，根据故障表现进一步检查。

如果无图像，应查 IC201 ④脚、⑫脚有无视频信号输入，IC201 检波输出的视频信号和外部输入的视频信号都送到 IC901 切换电路，然后再送回 IC201。如在 TV 状态本机检波的视频经 IC901 送到 IC201④脚；如在 AV 状态外部视频送到⑫脚；如使用 S—视频输入，S—C 色信号送到 IC201④，S—Y 亮度信号送到⑫脚。

如输入视频正常无 RGB 输出则 IC201 或外围电路有故障。查各引脚直流工作点（直流电压）与标准值比较，再看是 IC 内部有故障还是外围元件有故障。

如果图像正常没有彩色应查色副载波振荡晶体、测量③脚的 4.43MHz 信号波形，如波形不正常应更换晶体。

6.5.4 超级芯片的故障检测

超级芯片中包含了微处理器和 TV 信号处理电路，它的检测方法
与单片集成电路基本相同。图 6—20 是检测 TMPA8809 超级芯
片彩电的时训图，查芯片⑤、⑥脚的晶振信号，正常时应为图示
波形，如无正弦振荡信号则芯片不能工作，应查晶体和相连的电
路或更换晶体。

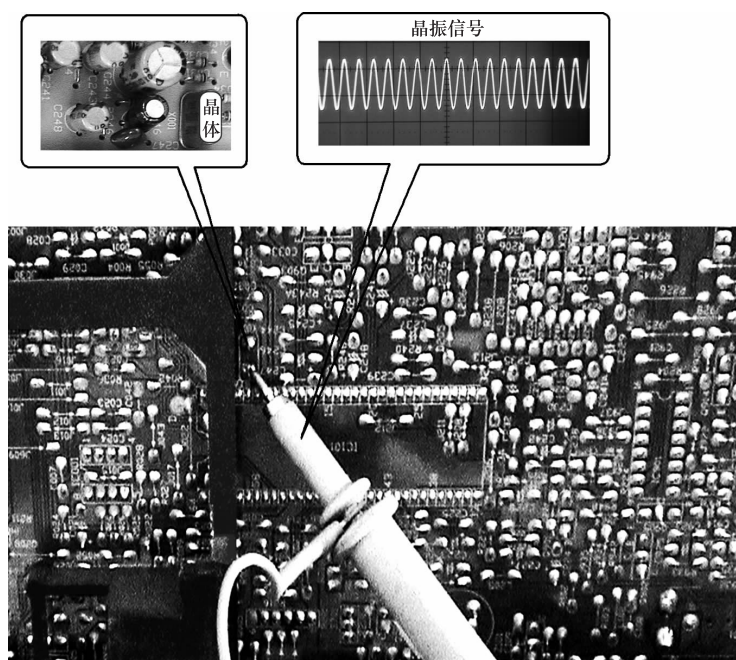
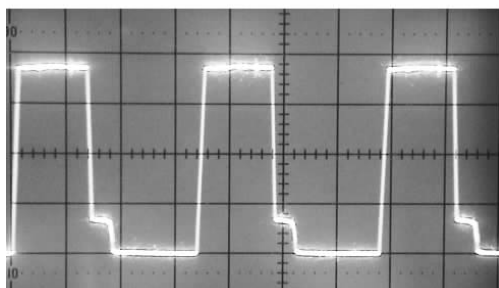


图 6—20 晶振信号的测量

图 6—21 是检测 TMPA8809 的⑬脚行扫描信号的波形和⑫脚的沙堡信号波形，⑬脚的信号去驱动行输出电路，⑫脚的信号是返回的行逆程脉冲，如⑫脚的信号失常会引起扫描失常或不同步等现象。

TMPA8809⑬脚行扫描脉冲信号



TMPA8809⑫脚沙堡脉冲信号

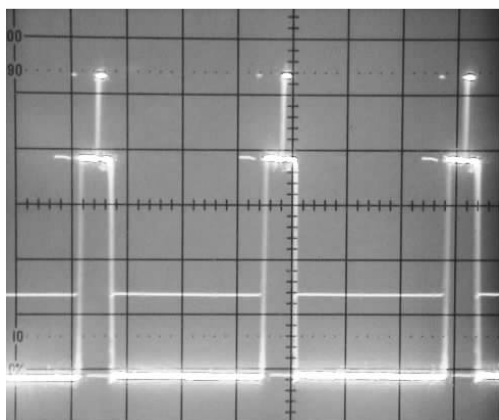


图 6—21 行脉冲和沙堡脉冲的检测

6.6 扫描电路的信号检测

6.6.1 行扫描电路的基本结构

彩电行场扫描与视频图像的关系如图 6-22 所示。

图 6-23 是行扫描电路的基本结构和主要部位的信号波形。小信号处理器 (TA8783N) ③脚输出的行脉冲送到行推动管 V402 的基极。V402 对行脉冲进行倒相放大后, 经行推动变压器, 将行脉冲送到行输出管 V404。V402 和 V404 都工作在开关状态, 且 V402 和 V404 之间采用反激励方式, 即当 V402 截止时, V404 饱和, 而 V402 饱和时, V404 截止。反相激励方式具有很好的隔离作用, 使行振荡电路与行输出电路之间得到很好隔离。V402 集电极与地之间所接的网络 (C416、R418 及 C417), 起反峰吸收作用, 用来吸收 V402 截止瞬间 T401 初级所产生的反峰电压, 以保护 V402 不至于受反峰电压的冲击而击穿。

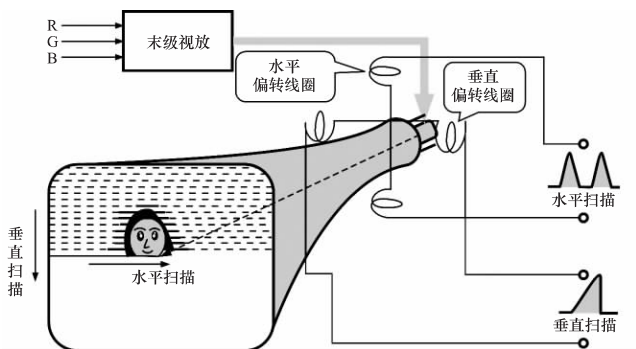


图 6-22 彩电行场扫描与视频图像的关系

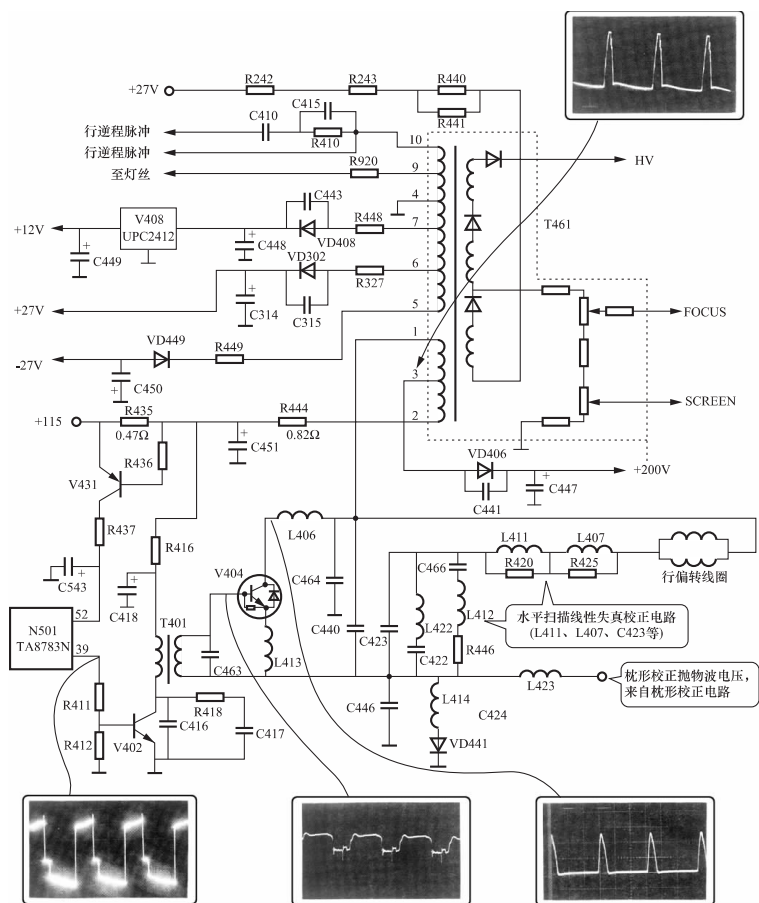


图 6-23 行扫描电路的基本结构

6.6.2 场扫描电路的信号检测

图 6—24 是场扫描系统的结构实例，场扫描脉冲是由小信号处理集成电路产生的，小信号处理集成电路是视频处理（亮度、色度信号处理）与扫描信号产生电路集于一体的大规模集成电路，它输出的长扫描脉冲能与视频信号保持良好的同步关系。场扫描脉冲再由场输出集成电路进行功率放大，将场锯齿波放大到足够的幅度（通常峰值为 48~54V），然后经插头座和引线送到偏转线圈上。场扫描不良会引起图像垂直方向的幅度、线性不良或是无垂直扫描，表现为图像只有一条水平亮线。发生故障后，通常是顺信号流程检查，测量各级信号波形，以及集成电路的工作电压。

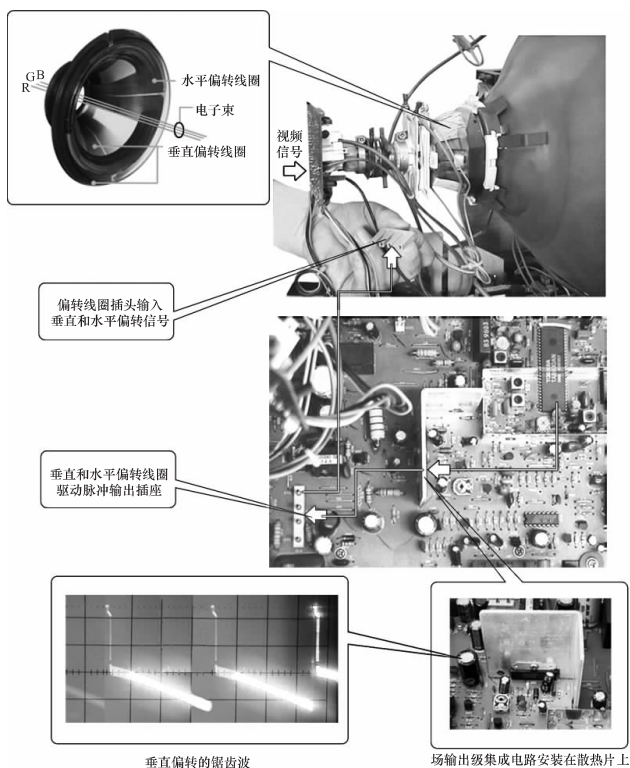


图 6—24 场扫描系统的结构

在目前流行的彩色电视机中，场扫描信号的形成是在视频和解码电路的集成块中，场输出级单独使用一个集成电路。如场扫描不正常可重点检测这两个集成电路。例如，在图 6—25 所示的电路中，IC301 是场扫描信号的功率放大级，它的②脚和④脚可以分别检测到场输出信号和场驱动（激励）信号。②脚的信号直接送到场偏转线圈，这个信号正常就表明场扫描电路是正常的。

如果场扫描集成电路的外围元器件有些变质但还没有完全损坏，这种情况检修起来比较困难。如图像表现为场同步不良，不同步，图像垂直方向失真，垂直线性不良，图像垂直尺寸不足或是有扫描线对偶或分裂的情况，可能是集成电路的外围元器件有问题。在这种情况下可先微调一下那些可调的部分，如场同步、

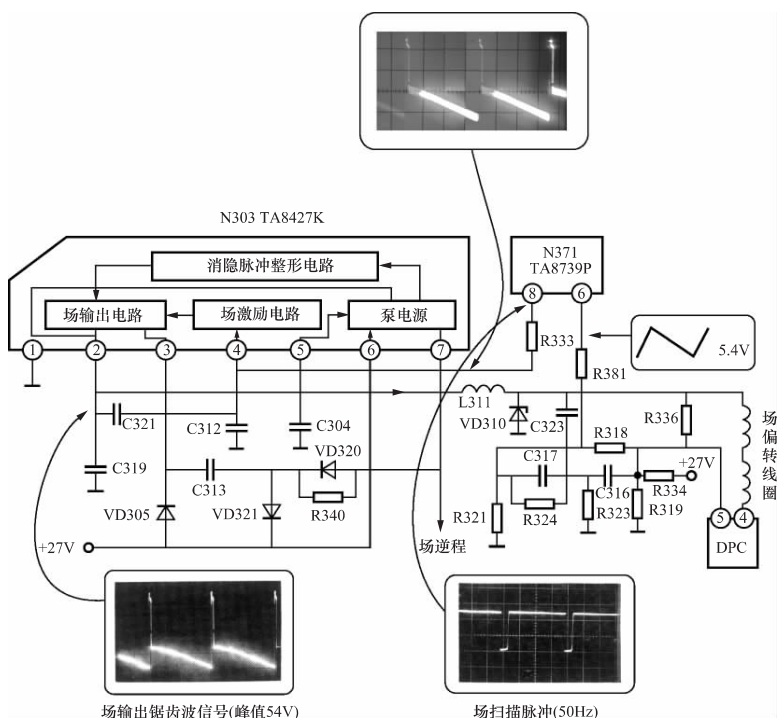


图 6—25 场输入集成电路的实例波形

场中心、场幅等调整电位器，看能否使故障消除。如果调整时图像有反映，但仍然不能完全消除故障，或是电位器非调到极端的情况才勉强消除症状，但仍维持不了多久。这肯定是有些外围的相关元器件损坏了。应进一步仔细检查是否有击穿或短路的电容，损坏的晶体管或二极管，以及锈蚀的电位器。

彩电中扫描信号产生电路与场输出级电路和偏转线圈的关系如图 6—26 所示。

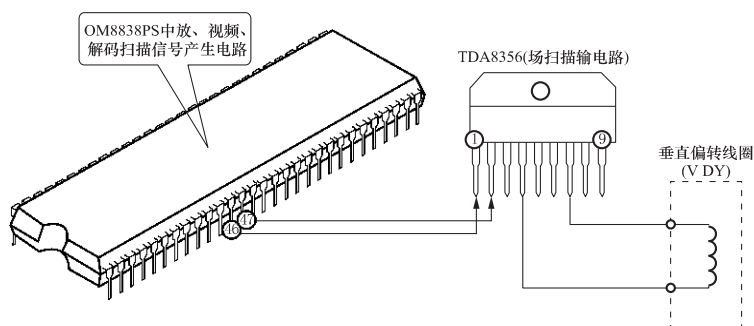


图 6—26 彩色电视机扫描信号产生电路
与场输出级和偏转线圈的关联

6.7 系统控制电路的信号检测

6.7.1 微处理器的工作原理及信号检测

遥控型彩电的工作过程如图 6—27 所示，遥控发射器将控制信号以红外光的形式发射出去，红外光受到控制信号的调制。设在电视机中的红外光接收电路，将遥控信号进行放大、滤波和解调整形，将控制信号提取出来，然后送给微处理器，由微处理器对彩电各部分进行控制。

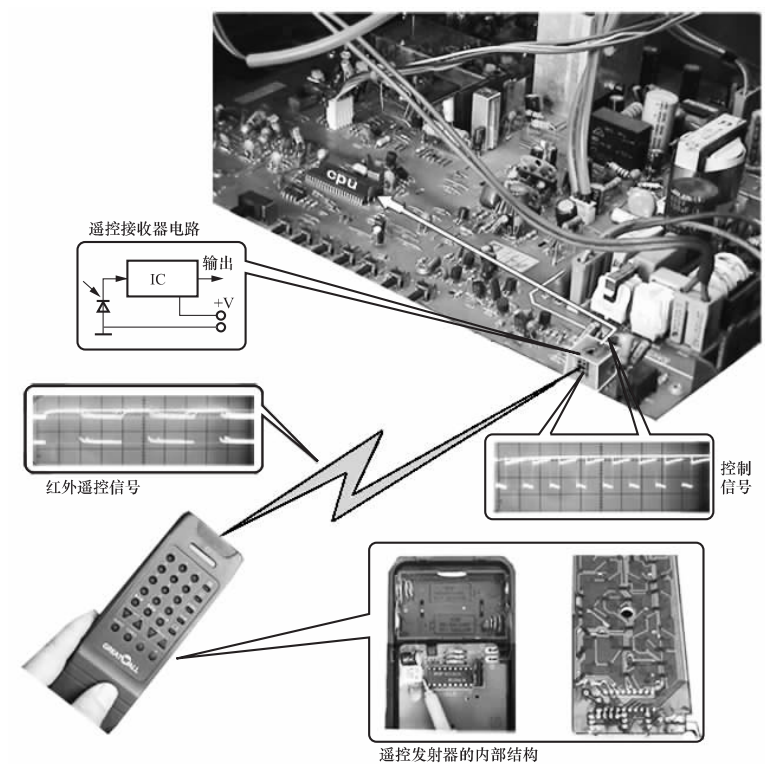


图 6—27 遥控彩色电视机的工作过程

遥控彩电中的微处理器就是模仿人工调整进行工作的。也可以说它代替了好多电位器。其电路结构如图 6-28 所示。当用户给微处理器送入工作命令时，微处理器便输出可变的控制信号，这个信号经转换电路变成直流电压后，送到亮度电路的箝位电路的箝位电路控制端。它与电位器的控制效果相同。

微处理器是由数字电路构成的，它只能识别和处理二进制的数字信号。简单地说，二进制信号就是由“0”和“1”表示的信号。在电路中通常用 0V 和 +5V 两个电压来表示二进制的“0”和“1”。微处理器的输入和输出也必须是这种信号。这样，当微处理器与模拟电路相连时就需要一些转换电路，或称接口电路，将数字量变成模拟量的接口电路被称为 D/A（数/模）变换器，将模拟量变成数字量的被称为 A/D（模/数）变换器。

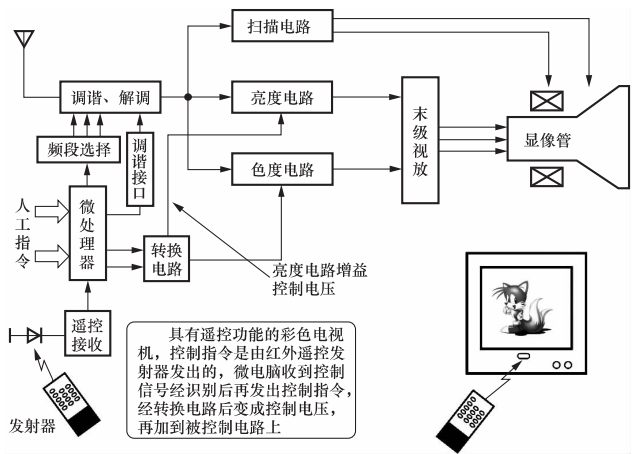


图 6-28 微处理器代替人工调整电路结构

在彩电控制电路，微处理器输出的控制信号常采用脉宽调制信号（PWM）。所谓脉宽调制信号就是用脉冲信号的每个脉冲宽度表示控制电压的大小。这时，D/A 变换器（接口电路）只采用一个简单的 RC 低通滤波器就可以将数字 PWM 信号变成模拟电压信号。具体电路结构如图 6—29 所示。

微处理器在进行亮度调整时，其亮度信号控制端输出脉宽调制信号（0~5V），如脉冲为等间隔时，即正半周和负半周的脉宽相等，这个信号经低通滤波器（积分电路）就变成了 2.5V 的直流电压（这个电压的值等于脉冲信号的平均值），如图 6—29（a）所示。如果输出的脉冲宽度增加 50% 时（即正脉冲宽度为脉冲周期的 75% 时），经低通滤波器输出的直流电压便增至 3.75V，如图 6—29（b）所示。如脉宽为全周期的 25% 时，输出直流就变为 1.25V 了，如图 6—29（c）所示。如果微处理器使其输出的脉冲宽度连续变化，经低通滤波器就得到幅度连续变化直流电压。如

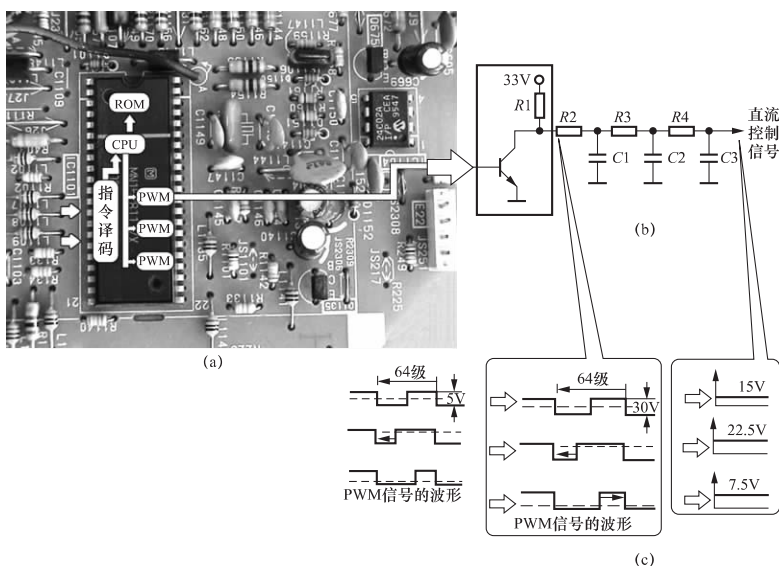


图 6—29 脉宽调制信号与直流电压的关系

(a) 微处理器电路；(b) 接口电路；(c) 接口电路的波形

果被控电路需要高于 5V 的直流控制电压，在低通滤波器后可增加直流放大器（接口电路）。

遥控彩电的整机控制方框图如图 6—30 所示，虚线内的部分是以微处理器（微处理器）为核心的控制电路，它的主要控制对象为主电源的通断、调谐器的调谐选台、伴音电路的音量控制、视频和解码电路的亮度和色度控制等。

本机键控电路和遥控电路是为微处理器输入人工指令的电路，本机前面板上的按键、开关等就是键控电路的一部分。微处理器收到人工指令经译码识别后，根据程序输出各种控制信号对彩电有关电路进行调整，调整完毕彩电便进入正常的收看状态。同时，微处理器还把调好的各种数据存入存储器中。这些数据表示现已调好的频段、频道、音量、亮度和色度等参数，这样关机后下次再开机就不用重新调整了。

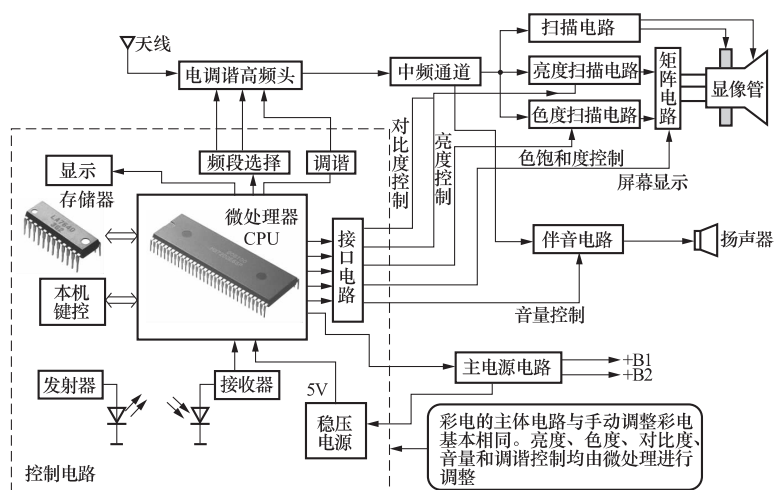


图 6—30 微处理器（微处理器）在彩电中的应用

6.7.2 I²C 总线控制方式的电路结构及信号波形

彩色电视机利用 I²C 总线的数据线 SDA、时钟线 SCL，将 CPU (M37221M6)、存储器 (ST24C04)、VIF、SIF、视频、解码、扫描小信号处理电路 (TDA8841)、音效处理与控制 (TDA9859) 等连接起来，按照一定形式的约定进行双向信息传输。这就是 I²C 总线控制方式的典型电路结构，如图 6—25 所示。

彩色电视机中采用 I²C 总线的主要优点如下：

(1) 简化了各功能电路之间的连接，使集成电路的引出脚减少，外围电路变得十分简单。电路设计简化后，整机成本下降，可靠性提高。

(2) 由于 I²C 总线具有多重控制功能，使得产品的调整、测试可以很方便地在生产线上进行，并由计算机编程自动进行。这样可以保证产品的一致性。同时利用 I²C 总线的查询功能可以方便的实现维修、重调等操作。

(3) 利用 I²C 总线的软件编程功能可以实现无调整化设计，例如色带通滤波器、陷波器、振荡器、鉴频器、鉴相器、亮度延迟、AGC 延迟等，都可以由 I²C 总线调整，省去了外接元件，又可以实现无调整，保证产品稳定性、可靠性、性能一致性。

(4) 具有 I²C 总线接口的各功能电路单元，可以直接从总线上接入或分离。通过对总线上连接的功能电路的增减、更新，可以很方便的实现产品升级、换代，设计、生产十分灵活、方便。

I²C 总线上数据的传输必须遵循一定的规则进行，其主要特点如下：

(1) 在 I²C 总线上的数据线 SDA 和时钟线 SCL 都是双向传输线，它们的接口各自通过一个上拉电阻接到电源正端。当总线空闲时，SDA 和 SCL 必须保持高电平，为了使总线上所有电路的输出能完成一个线“与”的功能，各接口电路的输出端必须是开路漏极或开路集电极。在“高”电平上拉电阻位置时，两线都处于关闭状态。

(2) 比特位的传送。在 I²C 总线上每一个数据比特位的传输必须有一个时钟脉冲相对应，而其逻辑“0”和逻辑“1”的信号电

平取决于相应的正端电压 U_{DD} 。进行数据传送时，在时钟信号高电平期间，数据线上的数据必须保持稳定；只有时钟线上的信号为低电平期间，数据线上的高电平或低电平才允许变化。

在 I^2C 总线的工作过程中，有两种特定状态被定义为起始信号和终止信号。当时钟线保持高电平期间，数据线由高电平向低电平变化定义为一个起始信号，而数据线由低电平向高电平的变化定义为一个终止信号，起始信号和终止信号均由主控器产生。

(3) 数据的传输。在串行数据线 SDA 上进行传输的每一个字节必须保证是 8bit 长，但每次传送的字节数没有限制。每一个被传送字节的后面必须跟随一位应答位，并且数据是以最高有效位 (MSB) 首先发出，见图 6—31。

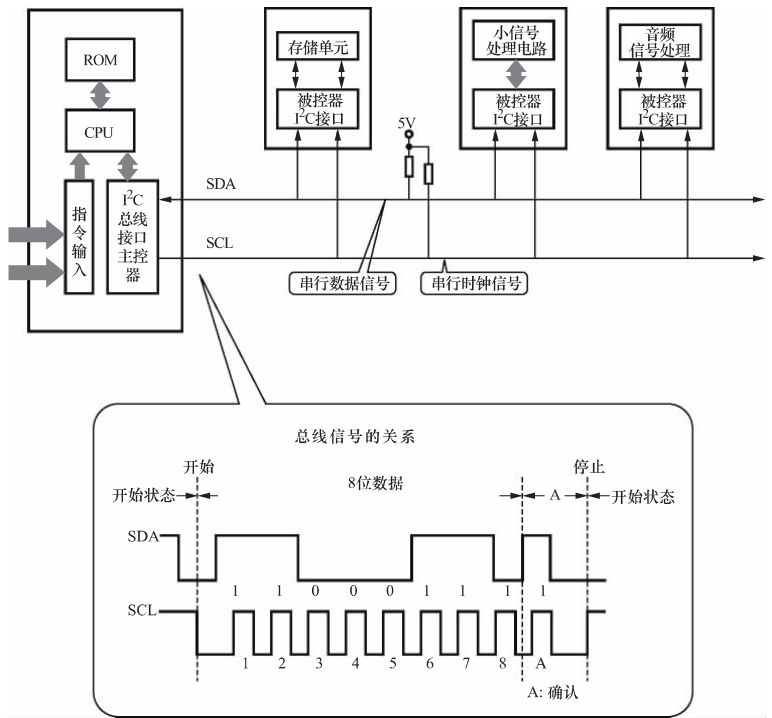


图 6—31 I^2C 总线控制电路及信号

I²C 总线的数据传输必须跟随有应答信号，与应答信号相应的时钟由主振器产生。发送器在这一时钟位上释送数据线，使其处于高电平状态，以便接收器在这一位上送出应答信号。应答信号的建立和保持时间必须满足一定要求。

6.7.3 微处理器的检测实例

下面我们通过对遥控彩电微处理器的检测，了解检测方法和信号波形。

将彩色电视机后盖打开，并将主电路板侧翻 90° ，使微处理器的焊点露出，将示波器与彩电的地线连接起来，可以用彩电的 AV 接口的地线或调谐器外壳作彩电地线。使彩电处于工作状态。分别检测微处理器的晶振信号，以及亮度、色度、对比度、音量、调谐等控制信号。测量方法和信号波形如图 6—32 和图 6—33 所示。



图 6—32 微处理器的检测方法

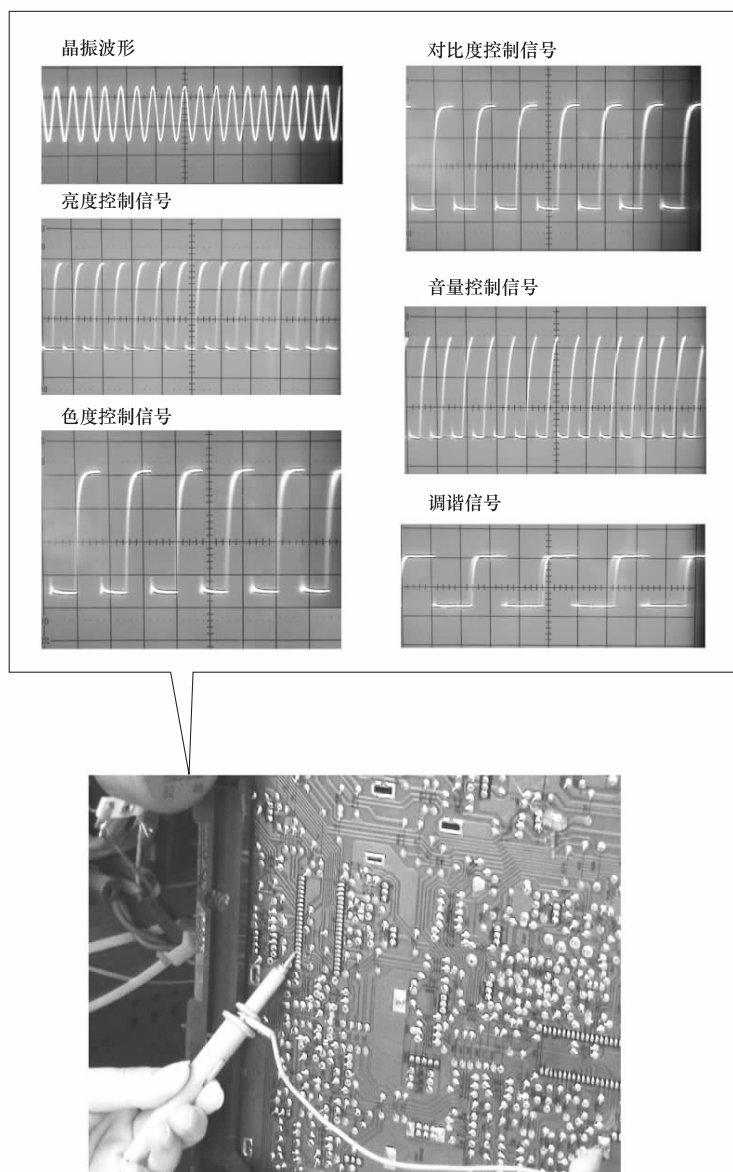


图 6-33 亮度、色度、对比度等控制信号波形

6.8 显像后电路的信号检测

6.8.1 显像管电路的检测部位

6—34 是显像管电路的检测部位图。将探头接到显像管电路的检测点上，注意接地。

显像管电路板的典型结构如图 6—35 所示。

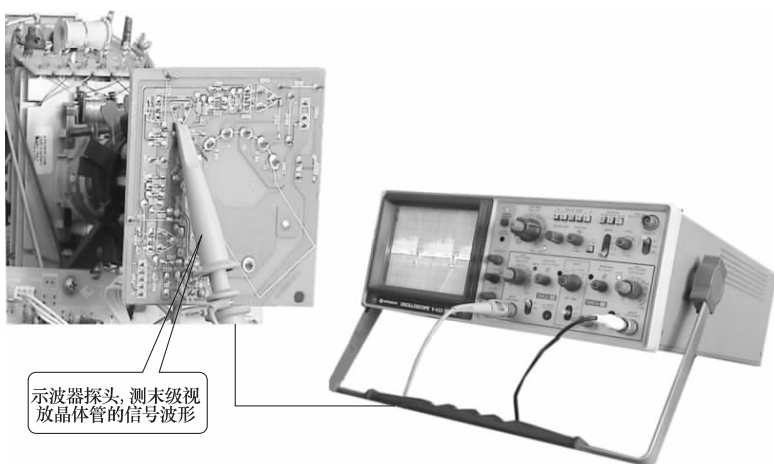


图 6—34 显像管电路的检测方法

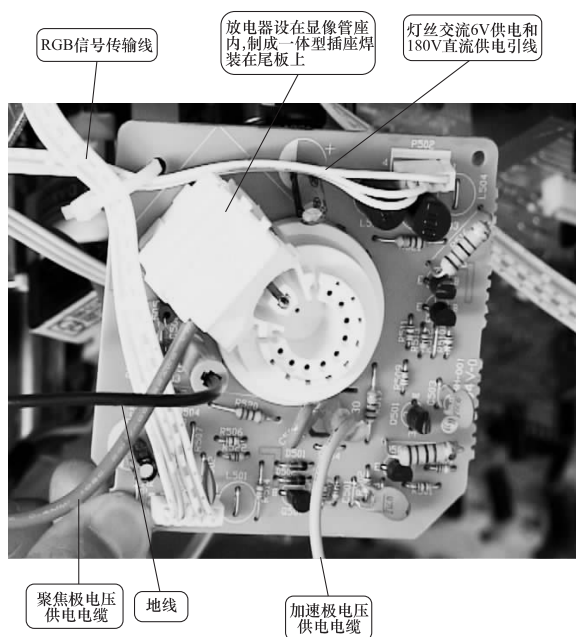


图 6—35 显像管电路板的典型结构

6.8.2 显像管电路的信号波形

图 6-36 是典型电视机显像管电路的结构及信号波形的示意图 (显示标准彩条信号的波形)。检测电视节目的信号波形变化较大时如图 6-37 所示。

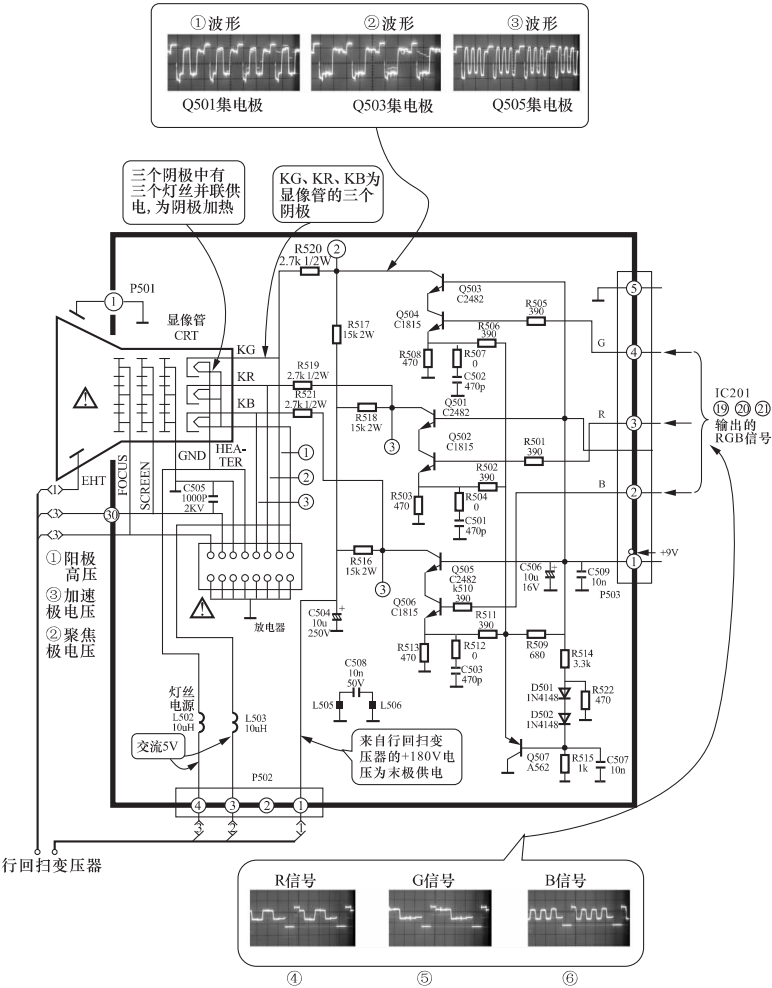


图 6—38 是显像管电路中 R、G、B 信号的测试位置及波形。

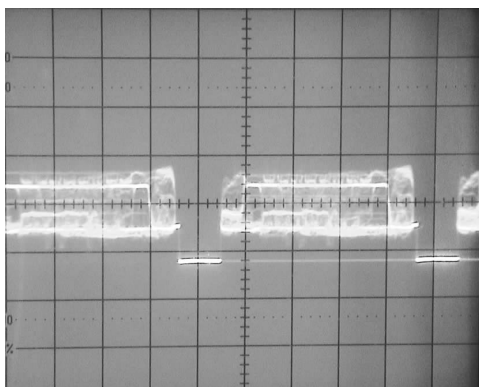


图 6—37 显像管电路的波形 (电视节目的 R、G、B 信号)

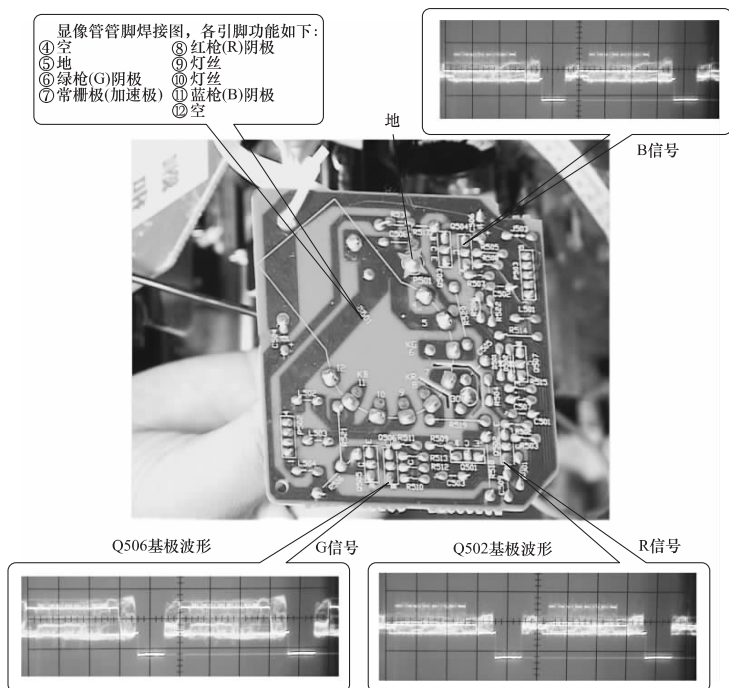


图 6—38 显像管电路中 R、G、B 信号的测试位置及波形

6.9 电视机检测注意事项

6.9.1 示波器与电视机的连接

检测电视机关键点的信号故障部位的有效方法。电视机的检测需要将后盖卸下，然后将电路板立起来。这样就可以方便地检测电子元器件主要引脚的波形，如图 6—39 所示。

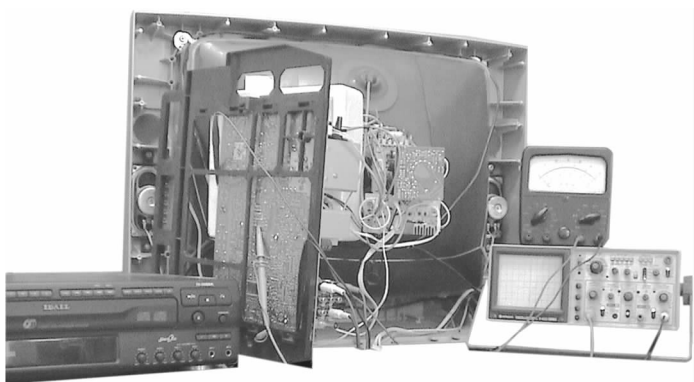


图 6—39 电视机电路的检测

冷区测量的接地点可以参照图纸，寻找接地位置，也可以参照图 6—41 中的接地点。

另外一种高压是阳极高压，阳极高压是 2 万多伏的直流高压，但它的电流很小，通常有很好的绝缘措施，在检测时注意到这一点即可，如检测行脉冲和阳极高压的准确值需使用高压探头。一般不必测量其准确的高压值。

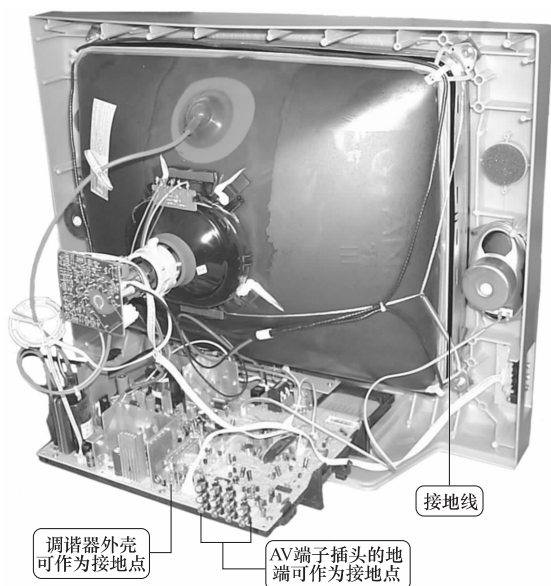


图 6—41 电视机的接地选择

图 6—42 是电视机检测的实例。

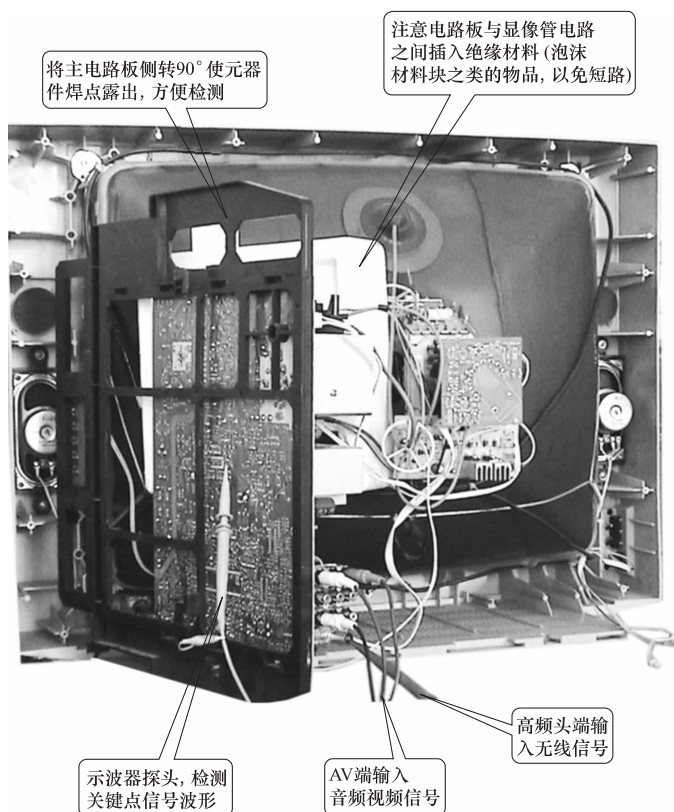


图 6—42 TCL—AT29211 的整机检测视图

6.9.2 故障检测的基本方法

1. 信号输入法

通常电视机在收看电视节目时出现故障，为了检查和判断故障可以将 VCD/DVD 机作为信号源给电视机输入 AV 信号，再用万用表和示波器进行检测，如图 6-43 所示。

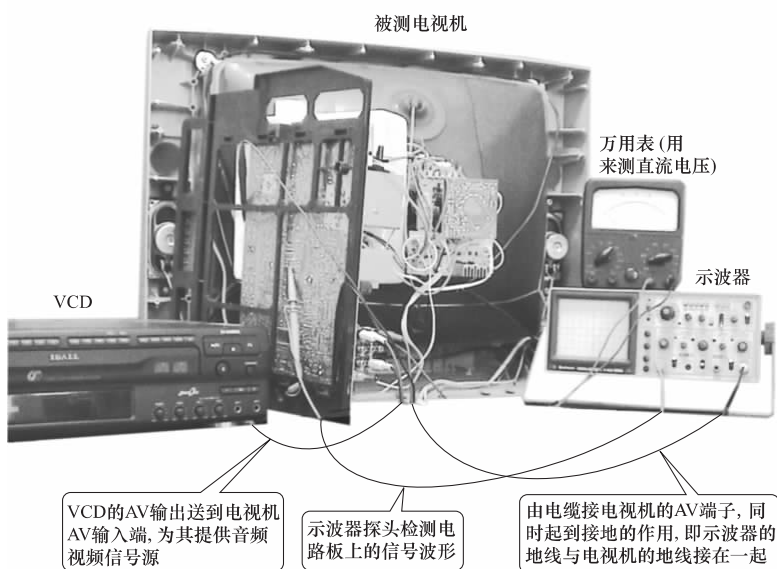


图 6-43 A/V 信号输入和检测方法

图 6—44 是信号输入法的示意图。信号输入法是检修彩电的有效方法之一。它把信号源的信号输入到故障机电路中的某点，然后用示波器在该点以后按信号流程逐点进行检查，这样便可探测到故障部位。这种方法要求维修人员一定要熟悉彩电工作原理及其信号流程，还应该明白电路上的哪些点应该输入什么信号、多大幅度、输入点的阻抗以及如何输入等。对业余维修人员，往往没有标准电视信号发生器，这时可利用一台工作正常的彩电作为信号源。在这台彩电上可在调谐器输出端取出电视中频信号作为电视中频信号源；从其中频通道输出端取出视频全电视信号作为视频信号源；以中频通道输出的 6.5MHz 信号作为第二伴音中频信号源。根据需要，分别输入故障机的中频通道、视频通道和伴音中频通道，以检查和判断这些电路的故障部位。但这时应注意采取必要的隔离和适当的耦合方法，否则会烧坏机器。对于视频放大电路和伴音放大电路，也可用人体感应的 50Hz 信号注入来检查。方法是用手握住调整用的螺丝刀（手指要接触金属部分）去碰触视频电路放大器输入端，这样就把感应的 50Hz 信号输入进去了。如果视频放大电路工作正常，屏幕上会出现明显的黑白相间条纹。如果伴音放大器和输出电路工作正常，扬声器会发生 50Hz 交流声。在采取这种输入法时，应注意输入点电压，且应单手操作，以免受电击。

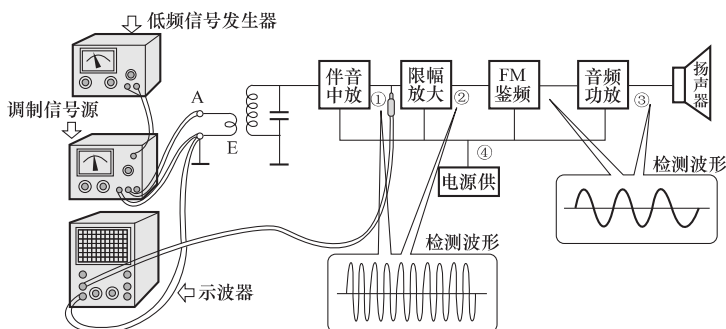


图 6—44 信号输入法示意图

不管使用哪种方法检测彩色电视机，都必须注意人身安全和设备安全。一般彩电因使用无电源变压器的开关电源，常使印制板地线带上市电电压，因此在维修时需使用电源隔离变压器将其与市电隔离开来。但开关电源的地线带市电电压，在电路板上标为热区，其他部分的地线不会带高压，标为冷地。所以在维修中不要将电源地线与主印制板地线直接相连。

2. 波形检查法

如图 6—45 所示，波形检查法就是通过示波器直接观察有关电路的信号波形，并与正常波形相比较，即可分析和判断出故障部位。波形检查法一般分两种：一种是利用扫频仪观察频率特性和增益；另一种是在注入彩条信号或接收电视台信号时用示波器观察电路各测试点的电压波形。无疑这是一种比较直观形象的方法。很多彩电原理图上都标出了各关键测点的正常信号波形，这是波形检查法的有利条件。即使没有波形资料，也可根据一般原理推测出大体正常的波形。有的彩电原理图未标出测试点的正常波形，这就需要自己去收集和测绘，或利用同型号的另一台正常彩电测试点的波形作为参考。通过比较，发现各类彩电测试点的安排都是大同小异的，也就是说彩电中需要检测的波形基本上都是类似的。了解这一点并熟悉各点应出现的正常波形是非常有用的，可以使你在用波形检查法时大大提高工作效率。

为了测量准确，在用示波器测量时，应先用示波器的标准信号（0.5V 1000Hz 的标准信号）进行校正，将探头接到标准信号输出端，校正后再去测量实际信号。

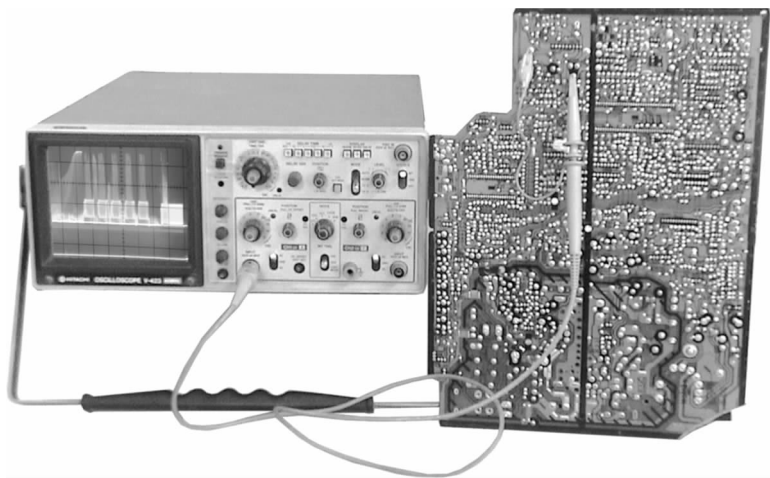


图 6—45 波形检查法

7.1 VCD/DVD 机的结构特点

影碟机是采用数码技术的典型产品，它所包含的数字信号处理电路品种很多，在数码产品中很具有代表性。通过对信号的检测可以加深对数码技术的理解，了解影碟机的信号检测方法，对开发、研制、调试和维修数码产品也非常有帮助。

7.1.1 VCD 和 DVD 机的技术特点

VCD 机是播放 VCD 光盘的影碟机，它能兼容 CD、VCD 光盘，是普及量最大的光盘。由于它的成本很低，因而普及的速度很快，它的电路集成度很高，结构简单，因而整机的价格也非常低，在我国的普及量极大。DVD 机是在 VCD 机的基础上发展起来的，它是播放 DVD 光盘的影碟机，DVD 光盘上记录的信息密度很高，DVD 盘的清晰度大于 500 线，VCD 盘只有 250 线。DVD 机能兼容 CD 和 VCD 光盘，使用方便，近年来，正在取代 VCD 机。DVD 和 VCD 机的结构基本上是相同的，它们都是由机芯（含激光头）、伺服预放和数字信号处理电路（DSP）、A/V 解码电路、电源和输出电路等部分构成的。

DVD 机与 VCD 机的不同之处一是读取光盘信息的激光头不同，由于 DVD 盘的信息密度比 VCD 盘高，因而 DVD 机要求激光二极管的波长更短，激光聚焦点更精密，要设计专用的激光二极管和激光头，为了能兼容 CD/VCD 盘，通常 DVD 机的激光头能分别适用于 DVD 和 VCD 两种盘。其激光头有的设有双聚焦镜头，有的激光头设有双聚焦点，有的采用双激光头。

DVD 机与 VCD 机的另一不同之处，是 A/V 解码电路的设置。VCD 机采用 MPEG1 的压缩标准（250 线清晰度），DVD 机采用 MPEG2 的压缩标准（500 线清晰度），因而其解码芯片不同。

DVD 机与 VCD 机还有一个不同之处，是音频解码电路的设

置。DVD 通常设有 5.1 声道、杜比环绕立体声解码电路。

7.1.2 典型 VCD 机的结构

下面我们通过剖析 VCD 机，了解一下 VCD 机的整机和各部分的结构特点。

图 7-1 是夏新 751VCD 机整机结构视图，从图中我们可以看出它主要是由机壳、面板和操作电路、CD/VCD 机芯、机芯电路（伺服预放 DSP 电路）、A/V 解码电路、电源供电电路等部分构成的。

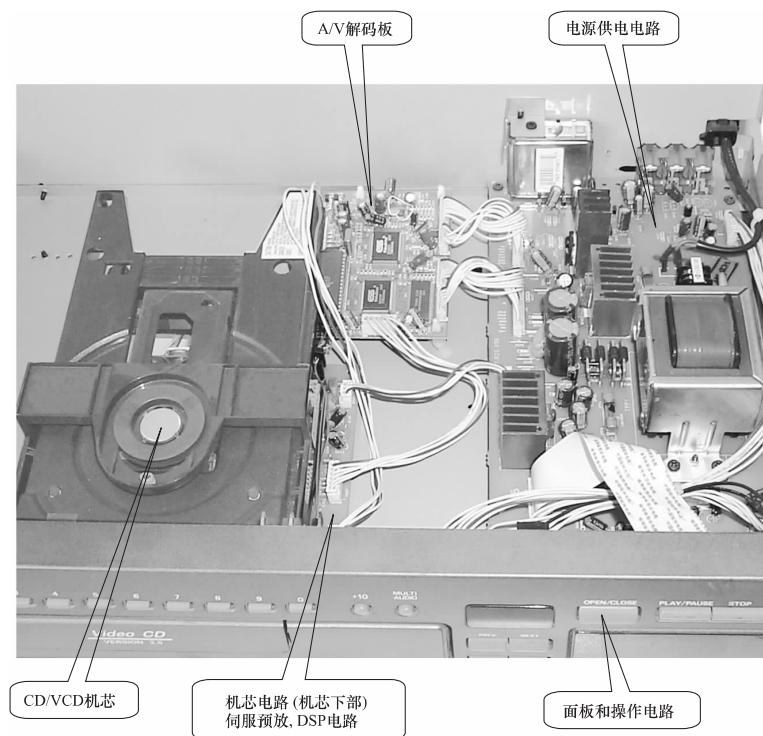


图 7-1 VCD 机的典型结构例（夏新 751）

图 7-2 是夏新 751VCD 机的机芯结构，机芯是播放 CD/VCD 光盘的部分，机芯电路与机械部分装在一起。

VCD 机的机芯部分是由激光头、驱动激光头的进给机构、光盘驱动电动机和托盘驱动机构组成。伺服预放电路则是由 RF 信号放大器、伺服误差检测和放大器、伺服驱动电路和 DSP 电路（数字信号处理电路）等部分构成。这两部分是互相依存的，是机电一体化的典型范例。任何一部分有故障都会引起不能播放光盘的故障。如光盘能旋转，则可进行动态的信号检测，如不能运转，则只能进行静态检测。

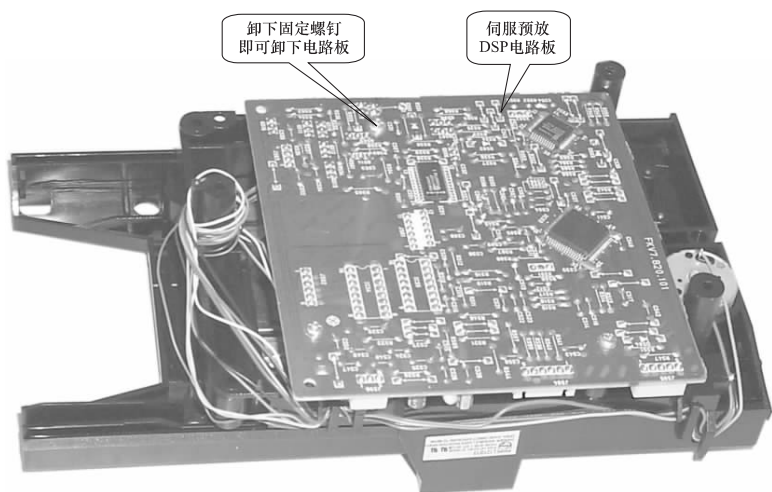


图 7-2 VCD 机的机芯部分

图 7—4 是机芯电路元器件的安装部位视图，激光头的输出排线送到插座上，然后分别将信号送到 TDA1300 的各输入端。在该电路板上还有两个集成电路 TDA7073。它们是伺服驱动电路。每一个 TDA7073 中设有两路放大器。这两个 IC 分别放大聚焦线圈、循迹线圈、进给电动机和主轴电动机的驱动信号。

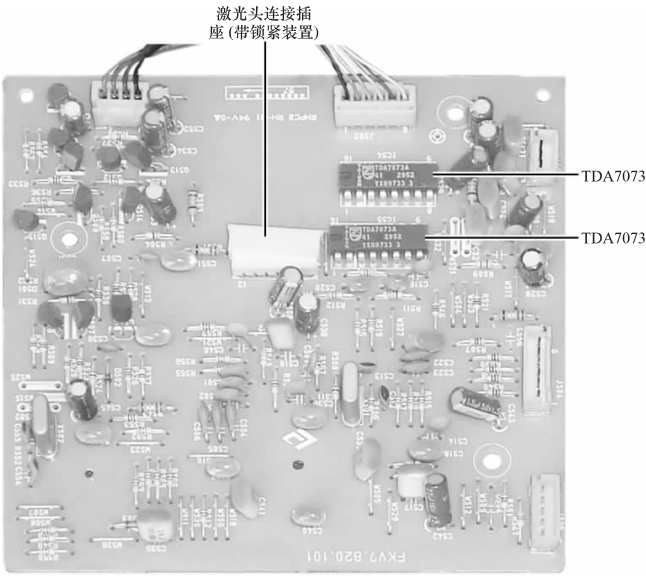


图 7—4 机芯电路板元件面视图

图 7-5 是机芯 A/V 解码电路和电源电路的安装位置和相互关联。电源为每个电路供电，提供各种元器件所需要的直流电压。机芯电路将读取的光盘信息送给 A/V 解码电路，A/V 解码电路将解出的音频、视频信号送到电源电路，在电源电路上设有输出端子电路。

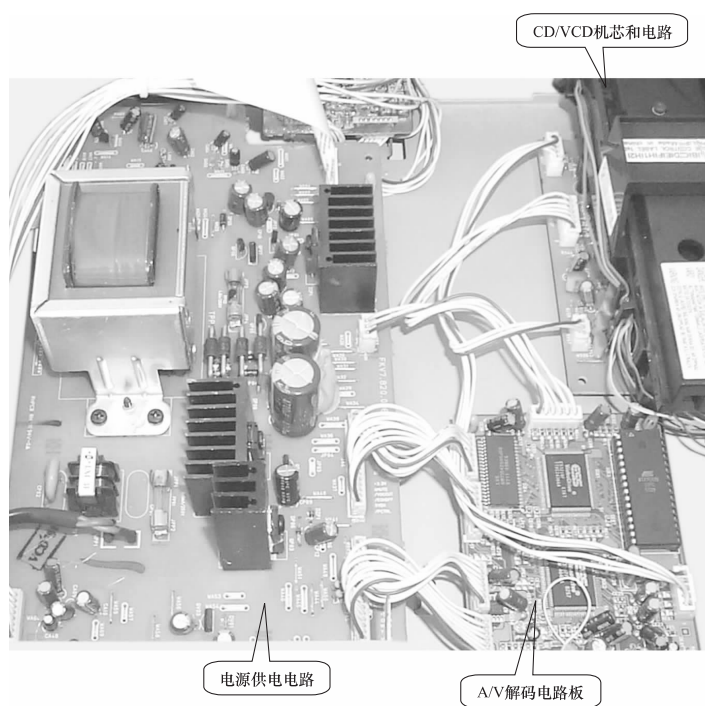


图 7-5 机芯、A/V 解码和电源电路的关系

图 7-6 是操作显示电路、电源、A/V 解码和输出端子电路的连接关系。操作显示电路安装在前面板上。输出端子与后面板紧紧连在一起。

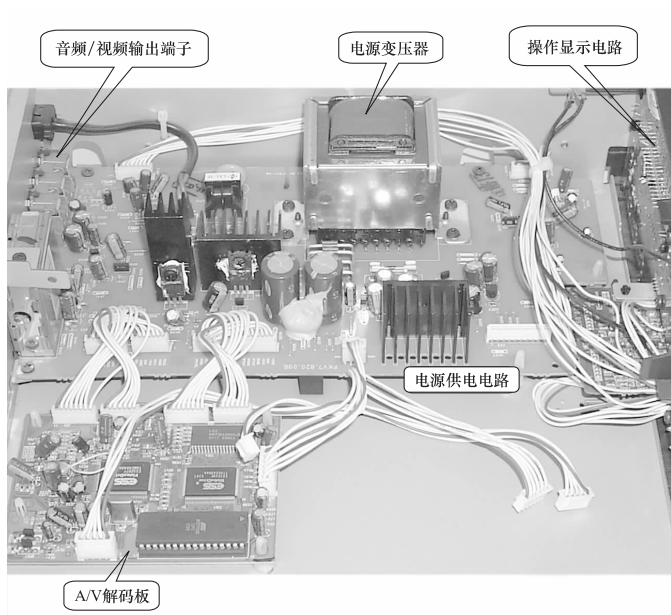


图 7-6 操作显示电路、电源、A/V 解码和输出端子的关系

图 7-7 是 A/V 解码电路板的元器件位置图，它实际上是一个音频、视频解压缩处理的电路单元，来自机芯电路中 DSP 芯片的数字信号，经电缆送到该电路板上，ES3210 是完成音频和视频解码的主要电路，视频信号经解压缩处理后送到 ES3207 中进行视频编码和 D/A 变换器，然后输出模拟视频信号（亮度、色度和复合视频）。解压缩处理后的数字音频信号再送到音频 D/A 变换器（PCM1717），经 D/A 变换后输出两路 R、L 信号。ROM 和 DRAM 是 ES3210 的附属存储器，用以暂存数据。

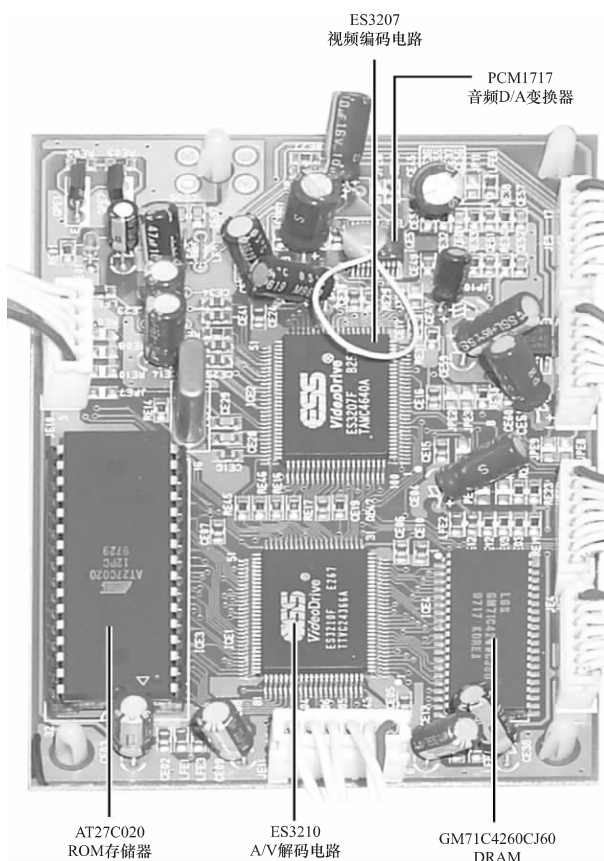


图 7-7 A/V 解码电路板

7.1.3 典型 DVD 机的结构特点

图 7-8 是新科 DVD830 的整机结构视图。从图可见，它主要是由机芯、主信号处理电路板、操作显示电路、卡拉 OK 电路、开关电源输出电路板等部分构成的，它与 VCD 机的结构基本相似，只是其中集成电路芯片的型号有所不同。

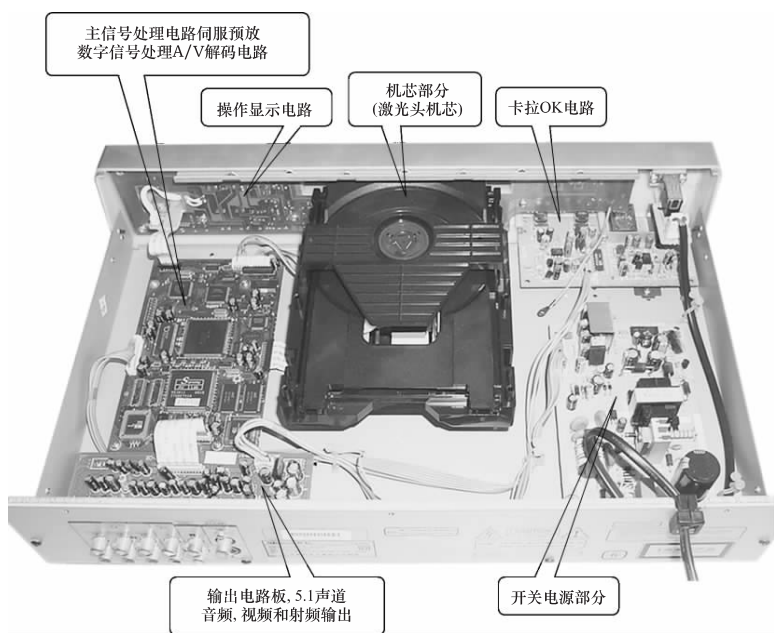


图 7-8 典型 DVD 机的整机结构 (新科 DVD830)

图 7-9 是 DVD 机芯的结构，机芯是由托盘驱动机构（加载机构）和激光头进给机构组成。在机芯上托盘电动机通过齿轮驱动光盘托架，完成光盘的装卸，在机芯上还有托盘位置检测开关，以便在控制光盘装卸时，判别托盘所处的位置。

激光头位于机芯的中央，在进给机构的驱动下进行光盘信息的读取，其输出信息经软排线输出送到主电路板上进行信号处理和数据的解压缩处理。

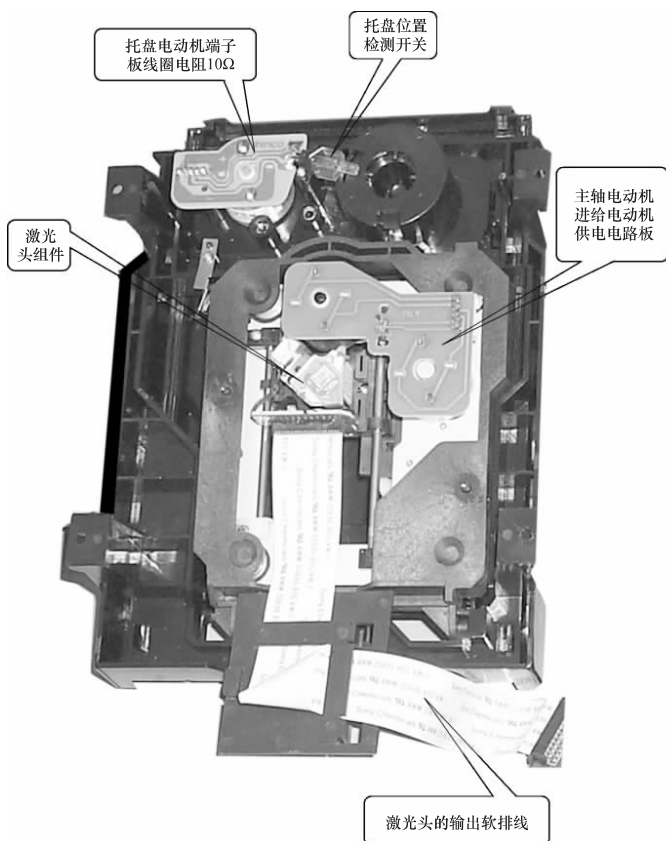


图 7-9 机芯结构

图 7—10 是激光头进给机构的视图。主轴电动机驱动光盘旋转，进给电动机经传动齿轮驱动激光头沿导轨水平移动，进行光盘信息的读取。

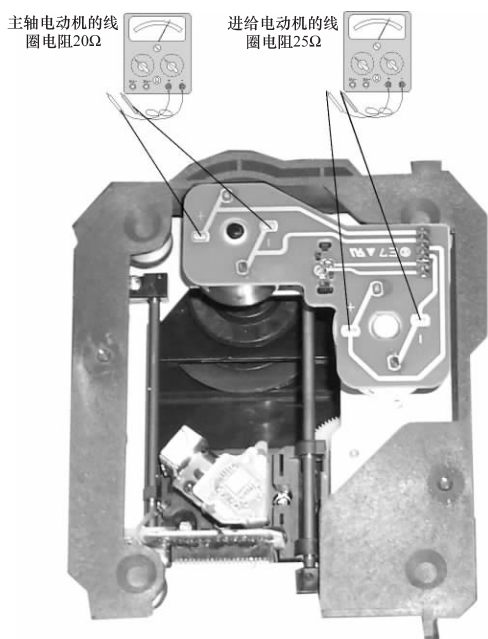


图 7—10 激光头的进给机构

图 7-11 是光盘托架（托盘）的底视图，托盘电动机的引脚焊在端子上，电动机经齿轮和齿条驱动托盘弹出或进入机仓，托盘的位置可通过状态开关进行检测，托盘电动机是由微处理器控制的。

图 7-12 是 DVD 信号处理电路板，它是 DVD 机的主要信号处理电路，激光头的输出信号经软排线送到此电路板，先由 CXD1889R 进行预放处理，完成激光头输出信号的放大伺服误差检测，然后将数字信号送到 CXD1866R 和 VS3811 进行 DVD 信号的数字处理，并进行音频、视频的解压缩处理，经解压缩处理后的视频数字信号送到 BT865 视频编码和 D/A 变换器中进行视频信号的数字编码（PAL、NTSC 制的编码），然后经 D/A 变换输出模拟视频信号，送输出电路。音频数字信号在 VS3811 中还要进行杜比环绕立体声解码处理，解码后输出 3 组数字音频信号。由 3 个 D/A 变换器（PCM1723、PCM1720X2）变成 5.1 声道的音频信号输出，如图 7-13 所示。

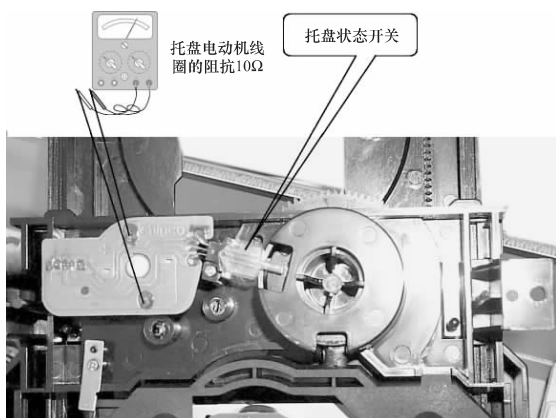


图 7-11 托盘驱动电动机和位置检测开关

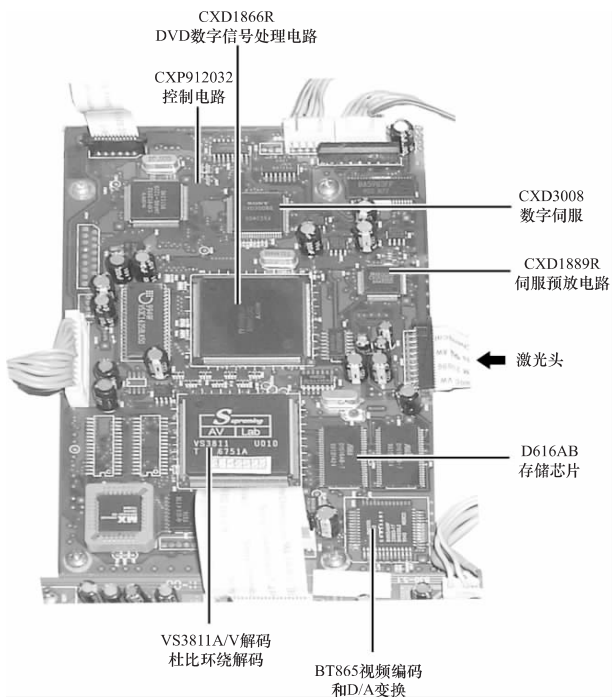


图 7-12 DVD 信号处理电路板

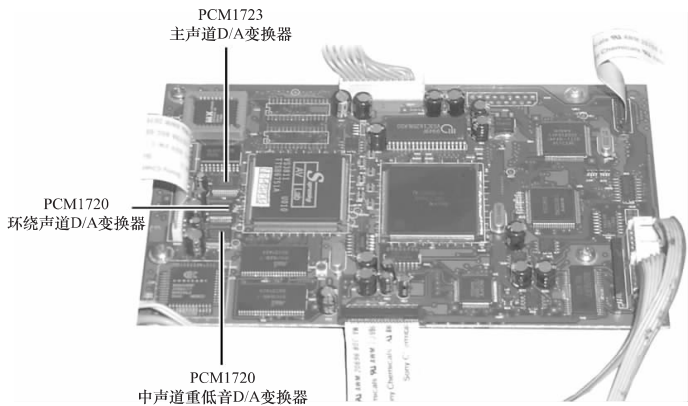


图 7-13 5.1 声道 D/A 变换电路

图 7—14 是输出端子电路，它主要是由 RC 低通滤波器构成的，5.1 声道音频信号和视频信号由软排线送到 6 路低通滤波器的输入端，滤除干扰和噪声后送到输出端接口上。

图 7—15 是操作显示电路，它安装在前面板上，操作指令经微处理器处理后经软排线送到主信号处理电路板上。微处理器直接驱动多功能显示屏进行工作状态的字符显示。

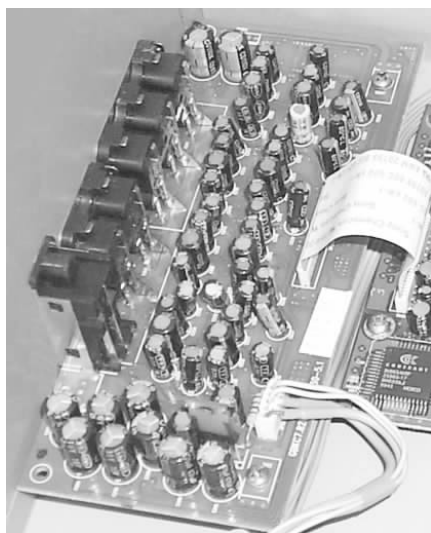


图 7—14 输出端子电路



图 7—15 操作显示电路

图 7-16 是卡拉 OK 电路板, 话筒信号经输入插口直接送到该板上的话筒放大器, 经放大后再送到混响 (回声) 信号处理电路, 经数字延迟后形成具有回响效果的音频信号送到音频输出电路与 DVD 放音信号合成输出。

图 7-17 是 DVD 机的开关电源电路板, 交流 220V 电压经滤波、桥式整流后变成直流 300V 电压, 再经开关晶体管和开关变压器形成音频振荡信号。音频开关脉冲经开关变压器后变成多组开关脉冲信号, 分别经整流滤波后输出多组直流电压, 再送到各电路板。

从上述可知, VCD 和 DVD 机从大体结构上是很相似的, 只是

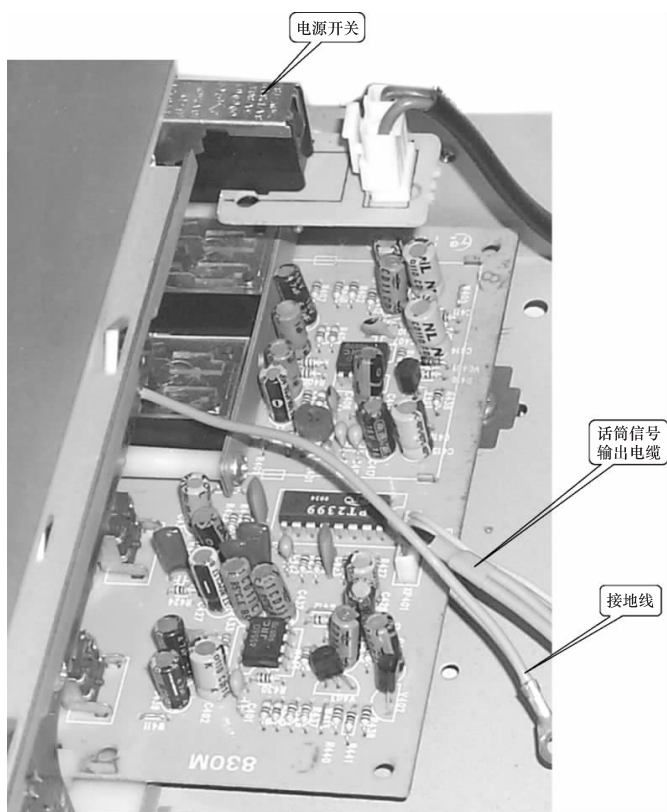


图 7-16 卡拉 OK 电路板

电路和激光头细节上有所不同，但是它们的故障特点和检修方法是相同的。

在维修时，更换组件和电路单元是比较简单的，如果要判别电路板内的元器件的好坏，还要了解各单元电路的细节，其中主要是了解各集成电路的引脚功能和数据参数。电路的数据参数是检修电路的基本依据，它包括关键电路部位的直流电压和信号波形。对集成电路了解其内部功能框图，对分析和推断故障是很有用的。

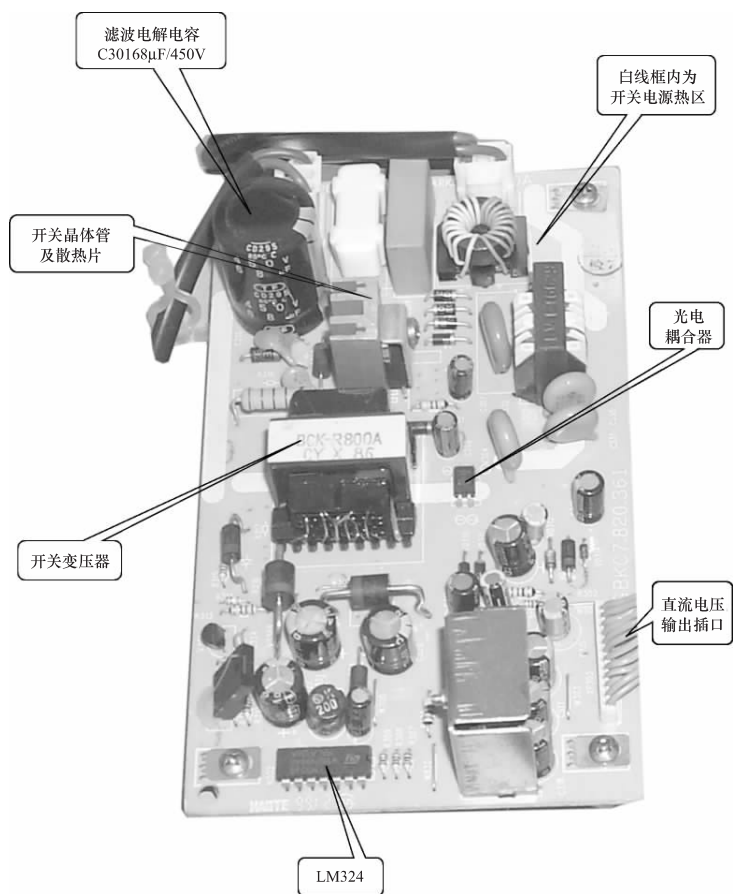


图 7-17 开关电源电路

7.2 DVD 主要电路部位的信号波形

DVD 机发生故障，可根据故障现象对相关电路的信号波形进行检测，这样比较容易发现故障线索。

7.2.1 伺服预放电路的故障检查

如果出现读盘不良，时而读盘时而不读盘的故障可参照伺服预放电路，先检查 RF 信号，播放 CD 光盘时，IC501⑳脚的眼图波形如图 7-18 所示，而播放 DVD 光盘时的波形如图 7-19 所示。如果波形幅度不足或是波形不清晰，则表示激光头老化或预放电路不良，需查各部的相关元件。

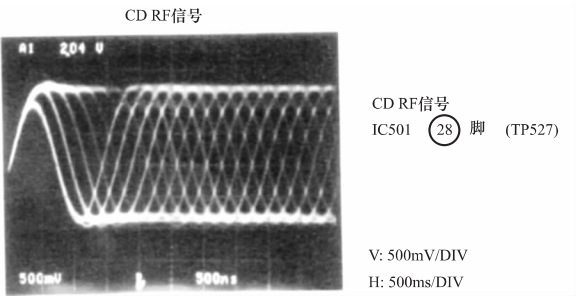


图 7-18 CD 状态 IC501⑳脚的 RF 信号波形

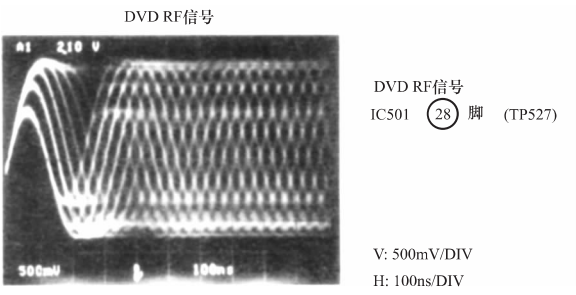


图 7-19 DVD 状态 IC501⑳脚的 RF 信号波形

7.2.2 数字伺服电路的故障检查

读盘时而正常，时而不正常时，除检测 RF 信号之外还应检查时钟信号，可在播放 DVD 光盘时检查 IC201 ③①脚的波形，与 RF 信号波形对照，波形图如图 7-20 所示。

从图 7-20 可见，IC501 ②⑧脚的 RF 信号是 DVD 视盘机激光头输出的信号波形，它的波形有捕鱼的网，网眼越清晰，表明读出的信号质量越好。该信号实质上是一种模拟信号，其包含数字音频信号和数字视频信号。通过电路的处理才能将数字信号提取出来，提取数字信号必须同时产生时钟信号，无时钟信号，就无法识别数字信号。在观测波形时，将 RF 信号与时钟信号同时观测会有助于发现电路中的故障。

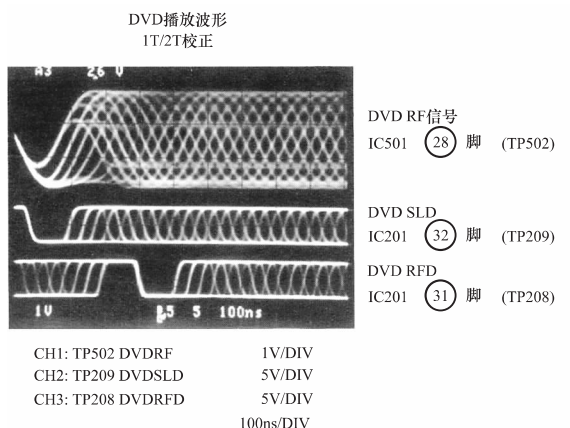


图 7-20 RF 信号和数据信号

时钟信号是数字电路中重要的节拍信号，该信号失落往往会导致整个数字系统不能正常工作。应检查 IC503⑰脚，在播放 CD 盘时的波形如图 7—21 所示，在播放 DVD 光盘时的波形如图 7—22 所示。

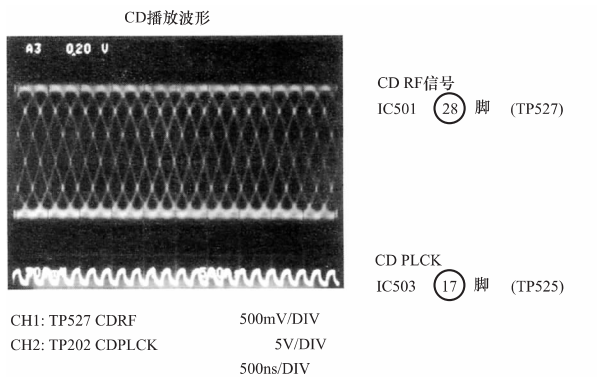


图 7—21 时钟信号 (CD 状态)

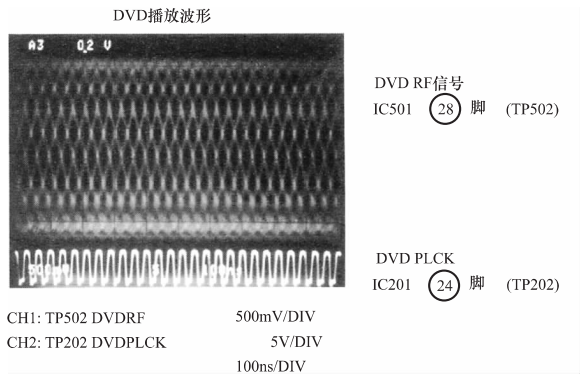


图 7—22 时钟信号 (DVD 状态)

7.2.3 音频、视频电路的检查

1. 视频输出电路的检查

一般来说音频、视频信号都不正常，往往是 A/V 解压缩处理电路之前的部分有故障。如只是音频有故障或视频有故障，往往是解压缩电路之后有故障，应检查音频、视频输出电路，在播放 DVD 光盘时，检测复合视频输出（CVBS），波形如图 7-23 所示，注意波形为标准彩条信号，如光盘上的内容不是彩条，则波形是随机变化的波形。

视频输出端 S 输出端子输出 Y/C 分离的视频信号，其波形如图 7-24 所示。

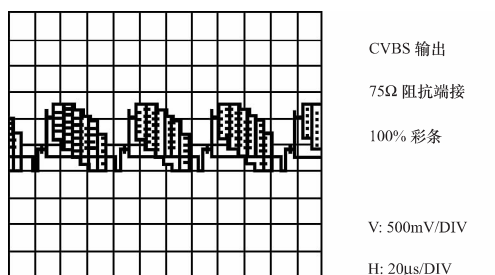


图 7-23 视频输出端的测量

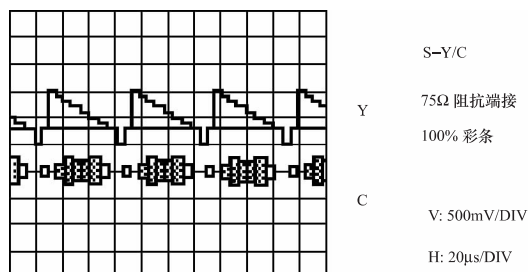


图 7-24 S—输出端子的波形

JX02 输出端子为分量信号输出端，分量信号分为亮度信号 Y 和 R-Y (Cr)、B-Y (Cb) 两色差信号，其波形如图 7-25 所示。

如果上述检测信号不正常，则可进一步检查解码电路的输出。它们分别为亮度信号 Y 和色度信号 C，其波形如图 7-26 所示。在 DVD 机同时还存在 Cb 和 Cr 色差分量信号，其波形如图 7-27 所示。

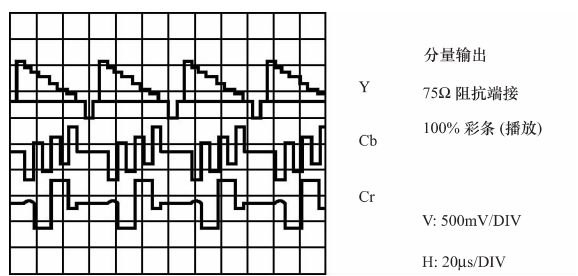


图 7-25 分量信号输出端的信号波形

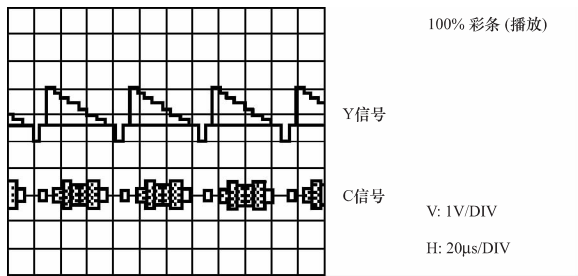


图 7-26 Y/C 信号的波形

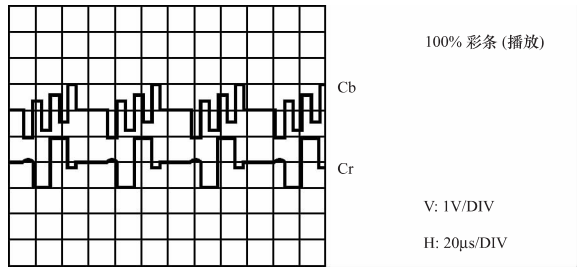


图 7-27 Cb、Cr 输入信号波形

2. 音频输出电路的检查

音频输出电路的检测可先在播放 DVD 光盘的状态下检查主声道的输出，正常时左右声道的波形如图 7—28 所示，如主声道输出的信号不正常或是无伴音输出，则检查音频 D/A 变换器的数字输入信号。通常在音频电路的输入插件上可以测得数据和时钟等信号波形。所测量的信号波形如图 7—29 所示。D/A 变换器的 LRCK、BCK 和 ADATA 信号的波形如图 7—30 所示。

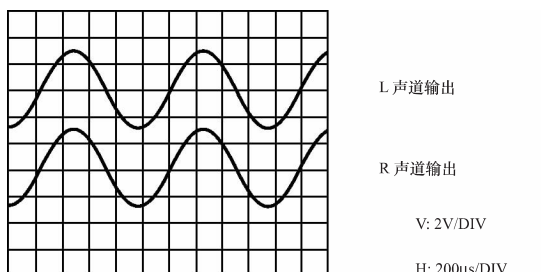


图 7—28 主声道 L、R 输出波形

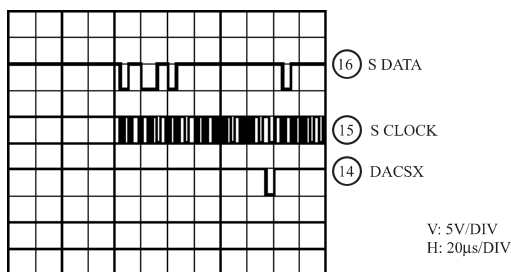


图 7—29 来自解压电路的信号波形

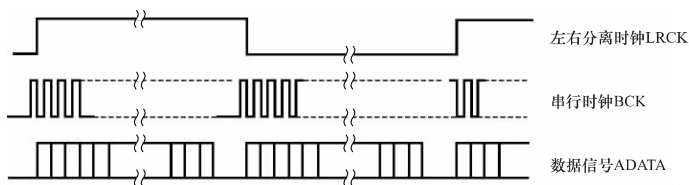


图 7—30 D/A 变换器的输入信号波形

7.3 示波器在检测影碟机中的应用实例

7.3.1 影碟机的检测要点

一台典型 DVD 影碟机的结构如图 7—31 所示。一般来说它是由电源、机芯（含机芯和控制电路）解压经处理电路和输出电路等部分构成的。

DVD 影碟机是一种数码产品，它所处理的信号大都为数字信号，但也有模拟信号。对影碟机的故障检测主要是检测数字信号、时钟信号以及控制信号。它的主要电路及其相互的关联如图 7—32 所示。



图 7—31 DVD 影碟机的结构

从图 7-32 可见，它有许多种信号，检测这些信号是否正常，是检测是否存在故障的关键，这些信号如下：

- (1) 激光头的输出，是读取光盘的信息，属模拟信号，但幅度很小。
- (2) 伺服预放电路的输出，有放大的 RF 信号和放大的伺服误差信号，也多属模拟信号。
- (3) 数字信号处理电路的输出是数字信号。
- (4) 控制信号大都为数字信号。

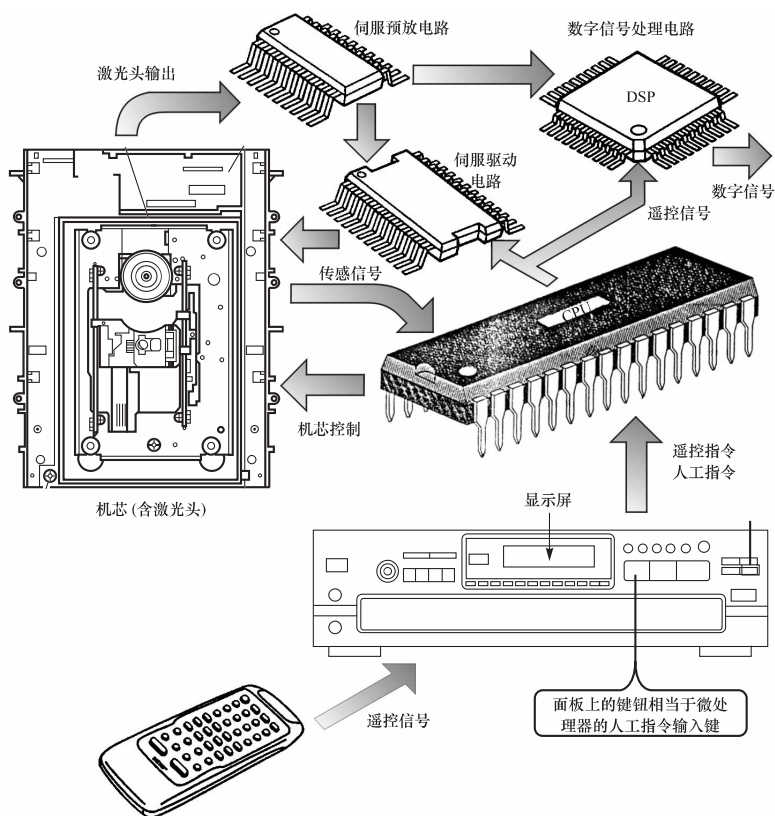


图 7-32 电路、机芯和控制系统

7.3.2 激光头信号的检测

图 7-33 是检测激光头输出信号的连接图和波形图，由于激光头输出的信号幅度很小，不容易检测，通常是经 RF 信号放大后再检测，图中所示的波形即为 RF 信号放大器的输出，注意检测时要将地线接好。

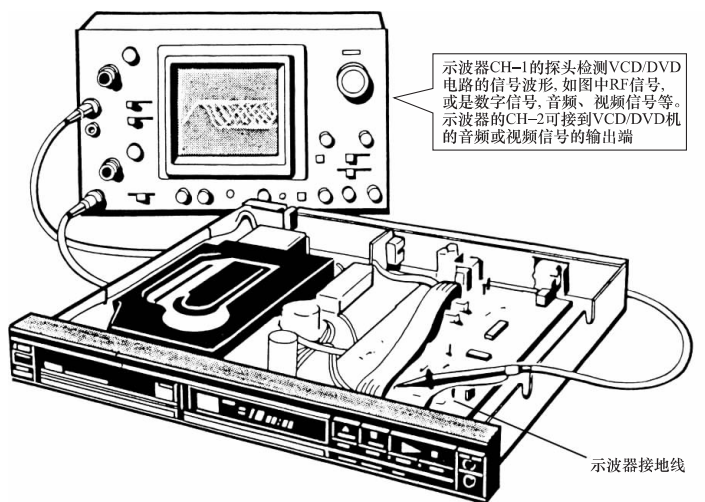


图 7-33 激光头输出信号的检测

7.3.3 伺服控制系统的检测

伺服控制系统是控制激光头进给驱动和光盘电动机（主轴电动机）协调运转的系统以及聚焦和循迹线圈自动跟踪的系统，图 7—34 为伺服驱动系统的部件开关图，图 7—35 为影碟机伺服系统的电路方框图。

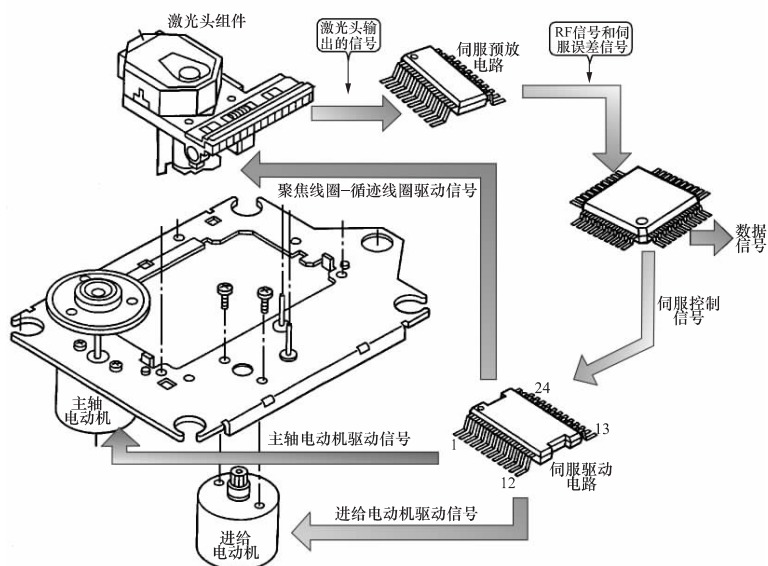


图 7—34 伺服系统主要部件关系图

从图可见，在伺服处理电路内部都是采用数字处理的方式，但在集成电路内部和外部都是模拟信号，这在检测时值得注意。

VCD 视盘机伺服信号的波形如图 7—36 所示，FE 是聚焦误差信号，TE 是循迹误差信号波形。

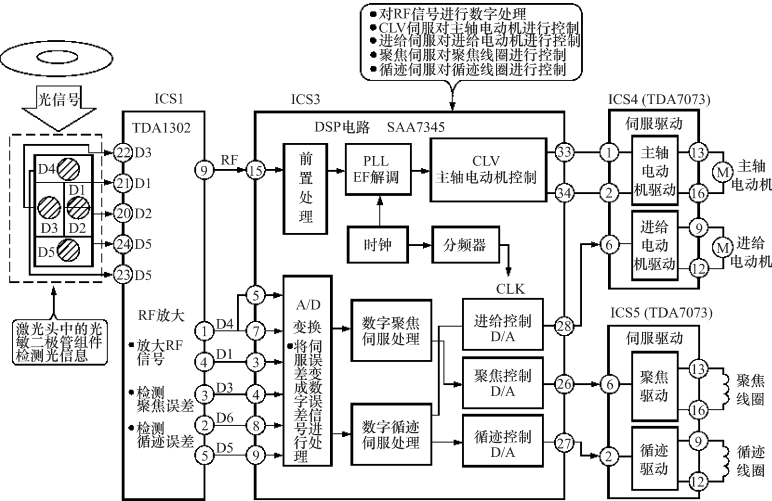


图 7—35 影碟机伺服系统的电路方框图

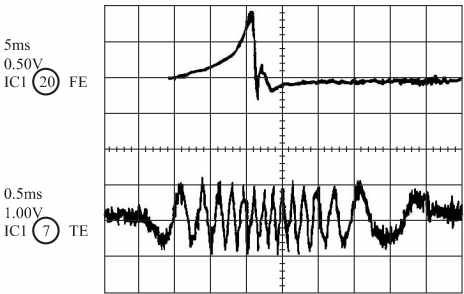


图 7—36 FE 和 TE 的信号波形

7.3.4 影碟机的故障检修及波形检测

VCD 视盘机是一种数字音频、视频产品。它主要是由机芯（包括进给机构和激光头组件），伺服预放电路，数字信号处理电路，音频、视频解码器，系统控制电路，音频、视频输出电路，电源电路等部分构成的。各主要组成部分之间的信号波形和部位如图 7-37 所示。熟悉各电路的信号变换过程对于检测故障和分析故障是很有用的。

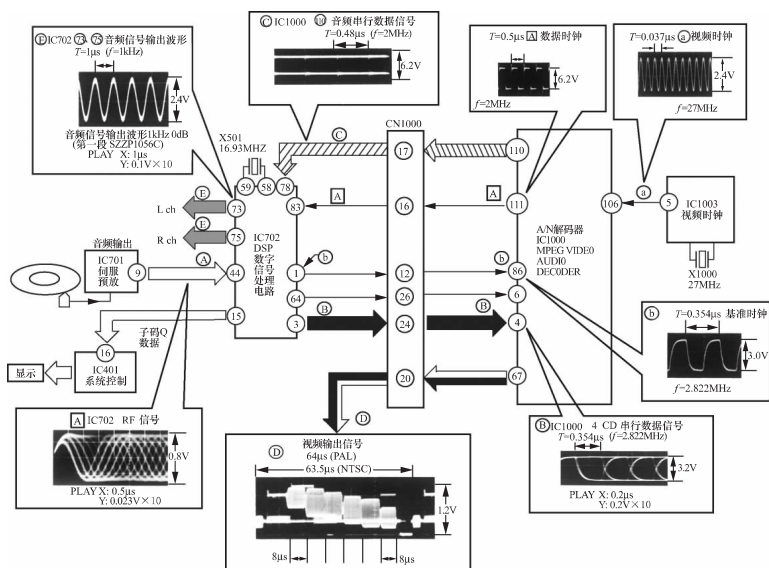


图 7-37 VCD 影碟机各主要电路的信号波形

1. VCD 机故障的检查 and 判别方法

检查和判别 VCD 机的故障，首先按图 7-38 的方法与监视用电视机连接起来，再进行操作和检查。

激光头的输出信号和处理后的数据信号的典型信号波形如图 7-39 所示。

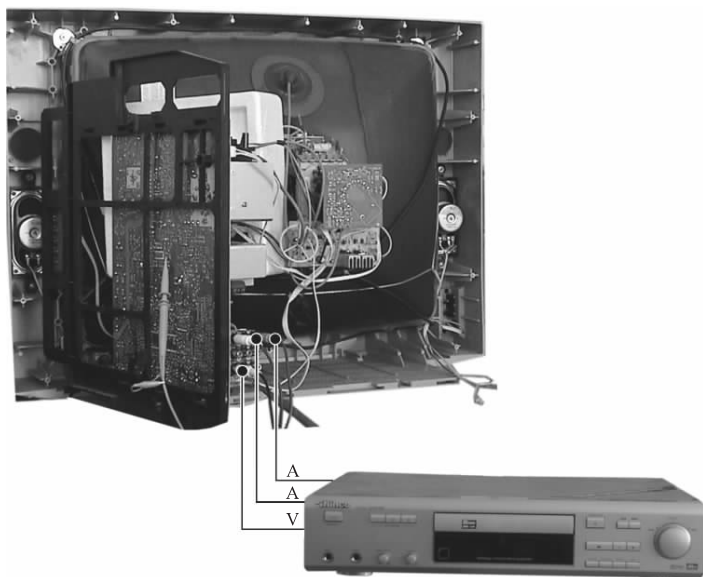


图 7-38 VCD 机与监视用彩电的连接

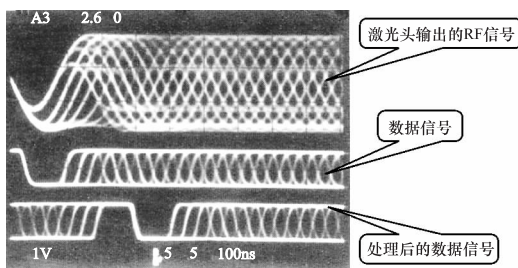


图 7-39 激光头的输出及数据信号波形

2. 激光头、伺服预放电路和主电路板的检测

激光头、伺服预放电路和主电路板的外形和相互之间的连接关系如图 7-40 所示，在检测时，应注意它们的部位。

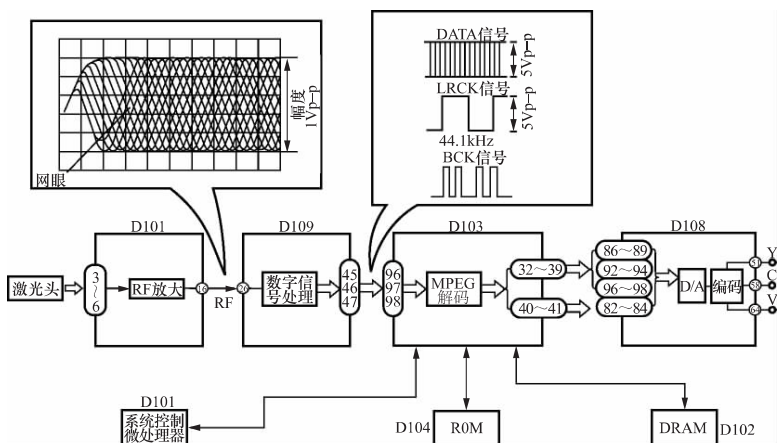


图 7-40 激光头、伺服预放电路及主电路板

3. 检查伺服预放电路及相关部分的方法

如果判定伺服预放电路以及相关部分有故障，则必须进行进一步的检查。连接和检测的方法如图 7—41 所示。

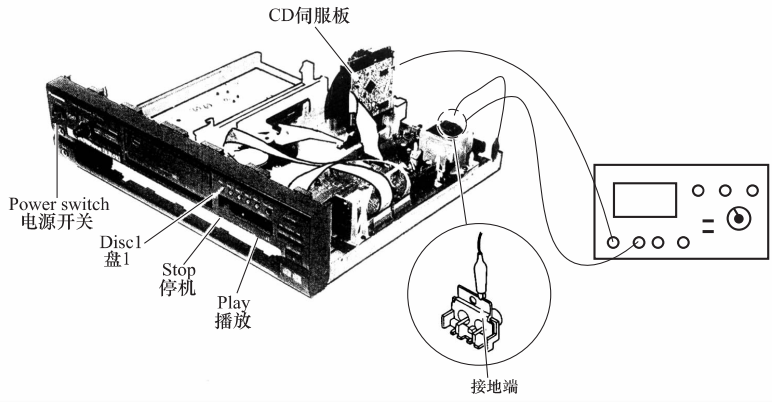


图 7—41 伺服预放电路及相关部分的检测方法示意图

【故障实例 1】播放 CD 光盘无声音。**检修流程**

- (1) 装入 CD 光盘。
- (2) 操作播放键“▷”播放光盘。
- (3) 按下停止键“□”停止播放。

(4) 检查是否有目录信号 (TOC) 显示, 如能读取光盘的目录信号, 则显示屏上会有节目序号显示。如果不能读光盘的目录信号, 即屏上无节目序号显示。故障部位可能是在激光头组件 (包括进给机心), 伺服预放电路 IC701、伺服处理电路 IC702 及外围电路。

(5) 如果能读盘, 有节目号显示, 再按播放键“▷”开始播放光盘。听输出的声音有无衰减, 如无衰减则属正常。如果有声音衰减现象, 再去查 IC702 的 ⑥4 脚或是 CN1000 的 ⑥脚。正常时此脚应有插入标志脉冲信号。

判别故障方法, 如果在播放时有图 7—42 所示的波形, 则应查激光头组件及进给机芯或主电路板上的伺服电路。

如果 IC702 ⑥4 脚无插入标志脉冲, 而是低电平状态 (OV), 再查 IC702 的 ⑦③、⑦⑤脚的信号波形, 这两个是脚模拟音频信号的输出端, 如播放的是标准测试光盘, 光盘上有 1kHz OdB 标准音频信号, 其波形如图 7—43 所示, 如果播放节目光盘, 则波形是不规则的正弦波。如果检测 IC702 ⑦③、⑦⑤脚无信号则表明 IC702 本身有故障。

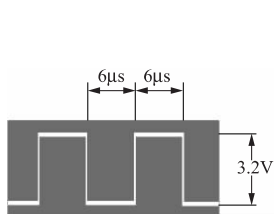


图 7—42 IC702 ⑥4 脚波形

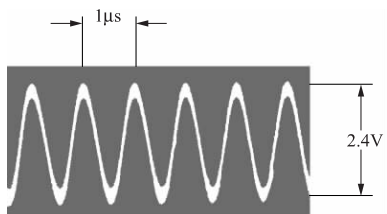


图 7—43 IC702 ⑦③、⑦⑤脚音频信号波形

【故障实例 2】播放 VCD 光盘无图像无伴音。

检修程序如下：

(1) 装入 VCD 光盘。

(2) 操作播放键“▷”试播放 VCD 光盘。

(3) 将 VCD 机接到 TV 监视器上，看是否有菜单在 TV 监视屏上出现。如果不接 TV 监视器，按下停机键“□”停止播放，观察光盘目录内容是否显示正常，有无节目号和时间显示。

上述两种状态下如正常，TV 监视器上会有菜单出现，显示光盘的目录内容。VCD 前面板的荧光显示屏上也会有光盘节目序号和播放时间的显示，如都无显示则激光头组件、进给机心或伺服预放电路 IC701、IC702 可能有故障。

(4) 如果光盘目录内容 (TOC) 显示正常，按菜单键 (+, -) 选择菜单上的项目，再按播放键 PLAY 开始播放。观察 TV 监视器上是否有噪波或图像不稳定，伴音是否正常。

如果图像和伴音都不正常，则应检查 IC702⑥脚或 CN1000⑥脚的信号波形。如果有图 7-42 所示脉冲信号波形或是断续地出现，则表明激光头、进给机构或主电路板上的伺服部分有故障。

(5) 进一步检查 IC1000 的 ⑩脚和 ⑭脚的波形，正常播放 IC1001⑩脚应有串行数据信号 CD、DATA，⑭脚应有串行时钟信号 (CD、SCK)，如图 7-44 所示。如果无信号输出则 IC1000 有故障。

(6) 如果上述检测信号正常，则应进一步检查视频输出电路或音频输出电路。

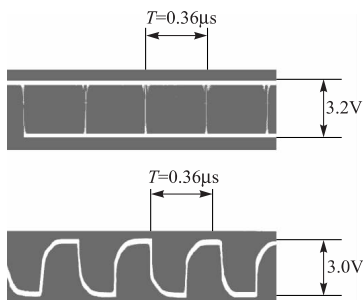


图 7-44 IC1000 的串行数据和串行时钟信号

【故障实例 3】播放 VCD 光盘无蓝底显示。

检修程序如下：

- (1) 装入 VCD 光盘。
- (2) 操作播放键 “▷” 播放 VCD 光盘。
- (3) 按下停止键 “□” 停止播放。

(4) 观察 TV 监视器上是否有蓝背景出现。如果无蓝背景图像，应检查音频视频解码集成电路 IC1000 的 ②⑩ 脚是否有图 7—45 所示信号。用示波器检测 IC1000 ②⑩ 脚信号时，选择示波器的时间轴可分别观测电视的行信号或场信号。图中上部波形是观测的行信号，幅度为 0.5V，图中的下部是观测的场信号的波形。如有这种波形，则 A/V 解码电路 IC1000 是正常的。故障属视频输出电路，顺信号流程检查。

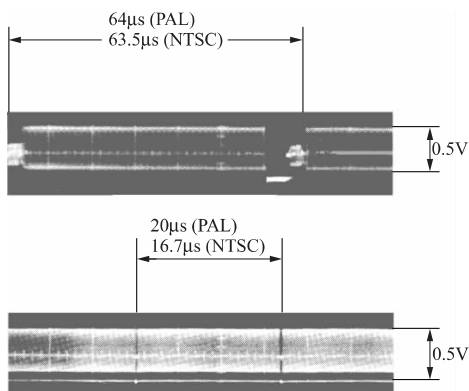


图 7—45 A/V 解码器 IC1000 20 脚的信号波形

【故障实例 4】激光头无进给动作。

检查激光头的位置，如果激光头处于光盘的外圆部位或是中圆部位，应检查 CN702 插件的②脚是高电平（H）还是低电平（L），如果该脚是高电平，则激光头的限位开关可能有短路情况，查开关、引线是否损坏或有短路故障。如果该引脚（CN702②）是低电平，则应查伺服驱动集成电路 IC703 的⑮和⑯脚之间是否有驱动电压，如果有电压则故障可能出在进给电动机和驱动机构方面，应进一步检查进给电动机和驱动机构。

进给电动机及驱动结构的检查方法如下：如果伺服驱动电路 IC703⑮⑯之间无电压输出，检查伺服处理电路 IC702 的②脚是否有驱动电压，如果有电压，表明 IC703 损坏，更换 IC703 后故障排除。

注意，如 IC702②脚无进给驱动输出，则故障是在 IC702，应更换 IC702。

激光头的进给电动机的部位及检测点如图 7-46 所示。

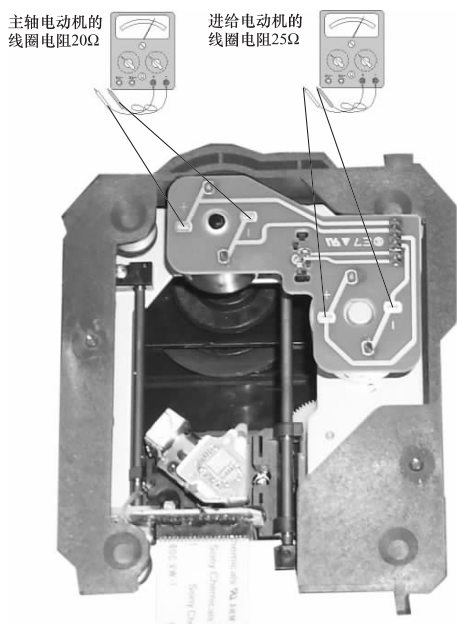


图 7-46 激光头进给电动机的位置及检测点

【故障实例 5】聚焦物镜无垂直动作。

检修步骤如下：

(1) 装入光盘后进给机构驱动激光头向光盘内测移动，到光盘内圆目录信号（TOC）的位置时，聚焦线圈中有搜索信号输入，物镜则会在垂直方向上移动搜索光盘及目录信号，如果无垂直动作应先检查伺服驱动电路 IC703 的 ⑪和 ⑫之间是否有驱动电压输出，如果有输出而物镜无动作，则激光头的物镜或聚焦线圈可能有故障，例如线圈或引脚、焊点有断路故障，应对激光头及线圈进行检修。

(2) 如果在进行动作完成时，IC703 的 ⑪、⑫无输出，应检查 IC702 ⑳是否有聚焦驱动控制信号，送到 IC703 的 ④脚。如果有驱动信号则 IC703 有故障，如果无驱动信号，则 IC702 有故障。

激光头及物镜的位置如图 7—47 所示。

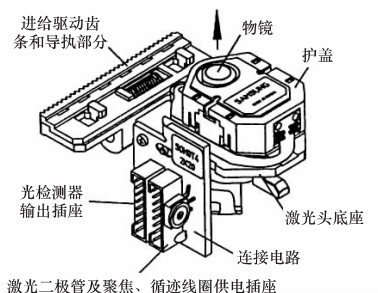


图 7—47 激光头及物镜的位置

【故障实例6】不能播放CD光盘。

检修步骤如下：

装入光盘后，光盘能转动并读出目录信号，显示屏上也能显示播放时间，但无音频信号输出。这种情况要识别故障还要进一步检测：

(1) 检查 IC702 ①、②、③ 脚输出的信号看是否正常，① 脚为 BCLK 数据时钟信号，② 脚为 LRCK 左右分离时钟信号，③ SRDATA 串行数据信号。如这三脚的信号正常，再检测 IC702⑦、⑮的音频信号，看是否正常。如不正常则 IC702 有故障。

(2) 如 IC702①、②、③脚不正常，则 IC702 可能有故障。判别 IC701 及 IC702 是否有故障的方法如下：

伺服预放电路 IC701 和伺服数字处理电路 IC702 损坏均会造成不能播放光盘的故障。

VCD 视盘机的机芯及伺服处理电路板的结构如图 7-48 所示，板上有各种元器件的标记，可根据电路进行检测。

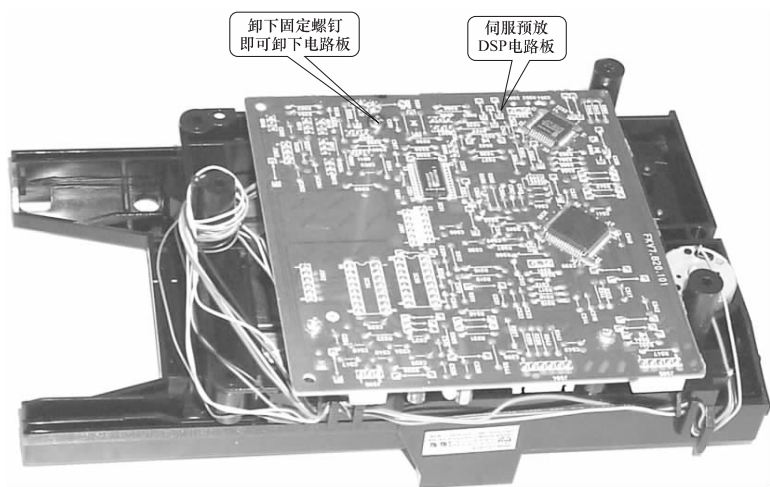


图 7-48 VCD 视盘机机芯和伺服电路板

【故障实例 7】

放入光盘后读不出光盘的目录 (TOC) 信号, VCD 显示屏上无播放 (PLAY) 显示符号, 但光盘能转动。

检查方法如下。

(1) 只要光盘能移动, 就可检查一下伺服预放集成电路 IC701 (AN8835SBE1) 的 RF 输出信号, IC701⑨脚为放大后的 RF 信号, 在电路板上有一个检测点 TJ701, 用示波器检测时可接到检测点上, (地线可接到 TP71 上)。

(2) 在播放时, 观察 IC701⑨脚的波形, 如图 7-49 所示, 并观测所测得的 RF 信号的幅度。如果 RF 信号的幅度大约为 1V 峰值 (正常值), 再进一步检测 IC702。如输出幅度小于 700mv 或无输出再查 IC701 ②脚。

(3) TJ701 输出达 1V 的情况查 IC702⑥脚的输出电平。IC701 将放大后的 RF 信号送到 IC702 进行数字信号处理和主轴电动机的恒线速伺服 (CLV) 处理, IC702⑥脚的电平表示主轴电动机伺服的工作状态, 如果是高电平, 表示进入 CLV 伺服工作状态, 如果低电平, 则是伺服粗调状态。检查结果如果是低电平, 则故障可能是在 IC702 本身, 应更换 IC702。

检查结果如是高电平, 再查 IC702 的 ⑫脚, IC702⑫脚为跳变信号端 (KiCK), 如无跳变信号则 IC702 本身有故障。如有跳变脉冲输出则故障可能是 R726 (47K Ω) 电阻损坏, 因为 IC702 送往聚

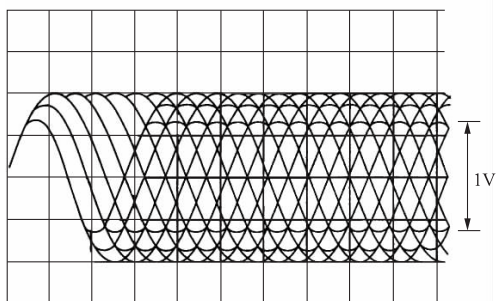


图 7-49 IC701⑨脚

焦线圈驱动电路的驱动信号经 R726 时, R726 断路聚焦驱动会失常, 引起不读盘的故障。

(4) TJ701 输出的 RF 信号幅度较小 (小于 700mV) 这种情况应查 IC701 的 ②③脚, ②脚为聚焦误差输出端 (FE), 如果 ②脚输出的信号波形 (图 7-50) 上下幅度相等, 则 IC701 有故障应更换。

此外, 再查 IC702 的 ③④脚聚焦平衡调整输出端, 如此脚电压变化在 $2.5V \pm 1.25V$ 以内, 表明激光头不良, 应更换激光头。如变化超过 $2.5V \pm 1.25V$, 则表明 IC702 本身有故障应该更换 IC702。

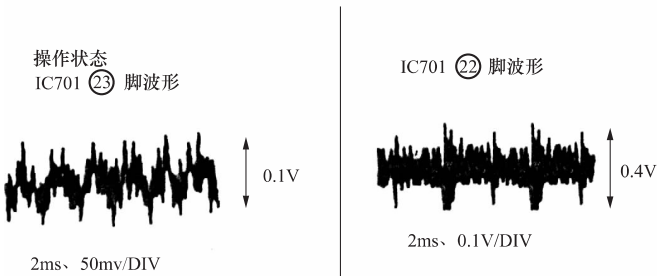


图 7-50 IC701 的聚焦误差信号波形

【故障实例 8】播放 VCD 光盘有图像无伴音。

检查方法如下：

(1) 查 A/V 解码电路 IC1000 的 (110) 脚，应有图 7—51 所示的波形。如无此信号波形则 IC1000 集成电路有故障。

(2) 如 IC1000 (110) 脚信号正常，IC702 ⑦③、⑦⑤脚无输出则 IC702 有故障，如 IC702 ⑦③、⑦⑤脚有信号，则输出电路有故障。

典型的 VCD 的 AV 解码电路如图 7—52 所示，四周有引线接插件，最好在插件处检测该极的输入和输出信号。

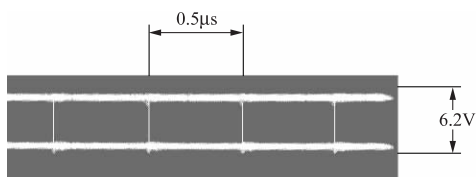


图 7—51 音频、视频解码器输出的音频数字信号波形

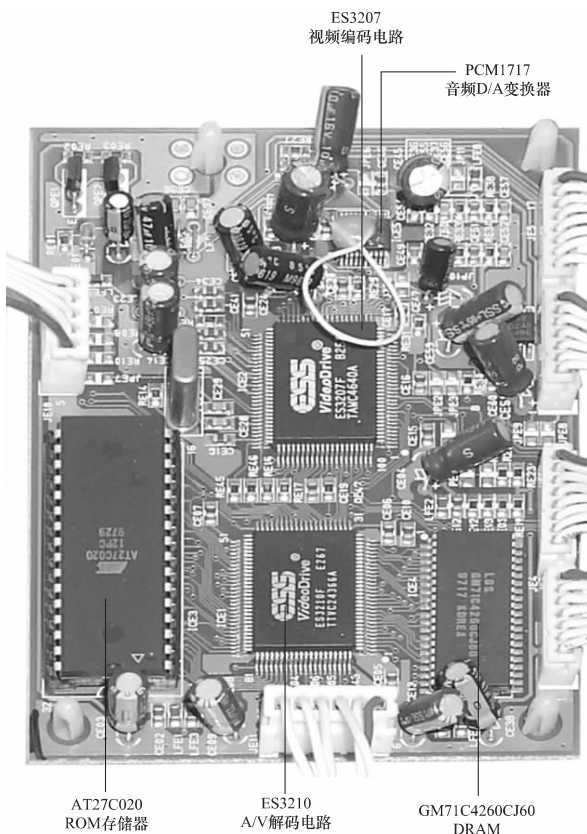


图 7-52 典型 VCD 机的 AV 解码电路板

8.1 示波器的整机电路方框图

示波器的一般电路结构我们在前面的章节中已做过简要介绍，示波器主要是由垂直扫描和水平扫描电路、示波管供电电路，同步扫描电路、信号输入和衰减电路、电源电路等部分构成的。本章我们以 LBO—522 示波器为例介绍一下其电路结构及故障检修方法。

LBO—522 是一种双踪同步示波器，它是由电源变压器 (P. T)，电源和示波管电路 T—2503、示波管座电路 T—2499、触发扫描和水平电路 T—2502，触发电路 T—2505 垂直放大器 T—2554、光度电路 T—2508、水平和极性控制电路 T—2537、垂直方式电路 T—2504、CH—1 输入电路、CH—2 输入电路等部分构成的。其电路方框图如图 8—1 所示。

电源变压器通过变换接头可以适应不同电压值的电源，例如在中国使用时输入交流电压为 220V，而在日本使用时交流电压为 110V，如果内部的接头不正确有可能引起故障（连接方法见本书第 3 章）。

电源和示波管驱动电路 T—2503 是 LBO—522 的重要电路，它担负着整机的电源供电和示波管的驱动工作，电源损坏或部分电路损坏会引起示波器全部不工作或部分电路不工作，这部分电路的检验是通过对输出到各电路板的电源线电压值的检测，可用电压表检测电压值，如缺少某一电压可根据图纸细查。

示波管驱动电路为示波管提供各电极的工作电压，这部分有故障则会引起示波管无显示。遇到这种情况先查亮度钮看是否关到最小，再查垂直和水平位移钮是否正确，然后再查送到示波管座的各种电压。同时，注意示波器内各电路板之间的连接引线，

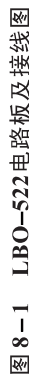


图 8-1 LB0-522 电路板及接线图

因为其插头接触不良往往会引起故障。

工作时被测信号是由 CH-1 或 CH-2 的输入端送入信号的，这两个信号插座都与一个输入方式切换电路板 T-2514 相连，与开关（AC/GND/DC）相连，然后再将被测信号送到垂直放大电路的主板进行处理。插座和开关是易于发生故障的部位。因为它易受外力的作用，常会有断路、短路或接触不良等情况，同时，也容易发生松动和开关失灵。

机器后面板上的 CH-1 信号输出端，其信号由垂直放大电路板送出。面板上的校正用基准信号（CAL）由辉度电路板 T-2508 产生。度盘照明灯泡的电源也是由电源电路板提供的，电源的指示灯（绿色发光二极管）由触发电路 T2505 进行驱动。外触发输入（EXT TRIG INPUT）的信号直接送到触发扫描和水平电路 T-2502，为触发电路提供外触发信号。

8.2 示波器各单元电路的结构和故障检修

8.2.1 电源供电电路

LBO—522 双踪示波器的电源供电电路如图 8—2 所示，它的基本功能是为示波器各种电路及器件提供不同电压值的电源。它采用变压器降压方式、220V 交流电压经变压器降压变成 5 组低压，其中一组为示波管提供 6.3V 的灯丝电压，其余四组分别经各自的桥式整流电路整流滤波，并经稳压电路稳压，然后输出 +5、±12、+150、+270V 等电压，分别送到示波器各电路板。如果电源电路有故障可先检查 P6、P5 插件的电压值，根据图上的标值进行检查。

1. +270V 稳压电路

其中为扫描电路供电的 270V 电源比较简单，它是由桥式整流堆整流后，再经 RC 滤波器滤波后输出到插件，然后再送到示波器其他电路板，正常工作时的电压值可在 TP1 检测点测量，+270V 电源如果失常会引起示波器扫描电路不正常，如果电压偏低，重点应查滤波电容 C2 是否有漏电变质的情况。

2. +150V 稳压电路

+150V 电源是由桥式整流堆（D2）整流后经调整管 Q1 输出，电路中误差放大器为 IC1，取样电压送到 IC1 的⑤脚。

3. ±12V 电源稳压电路

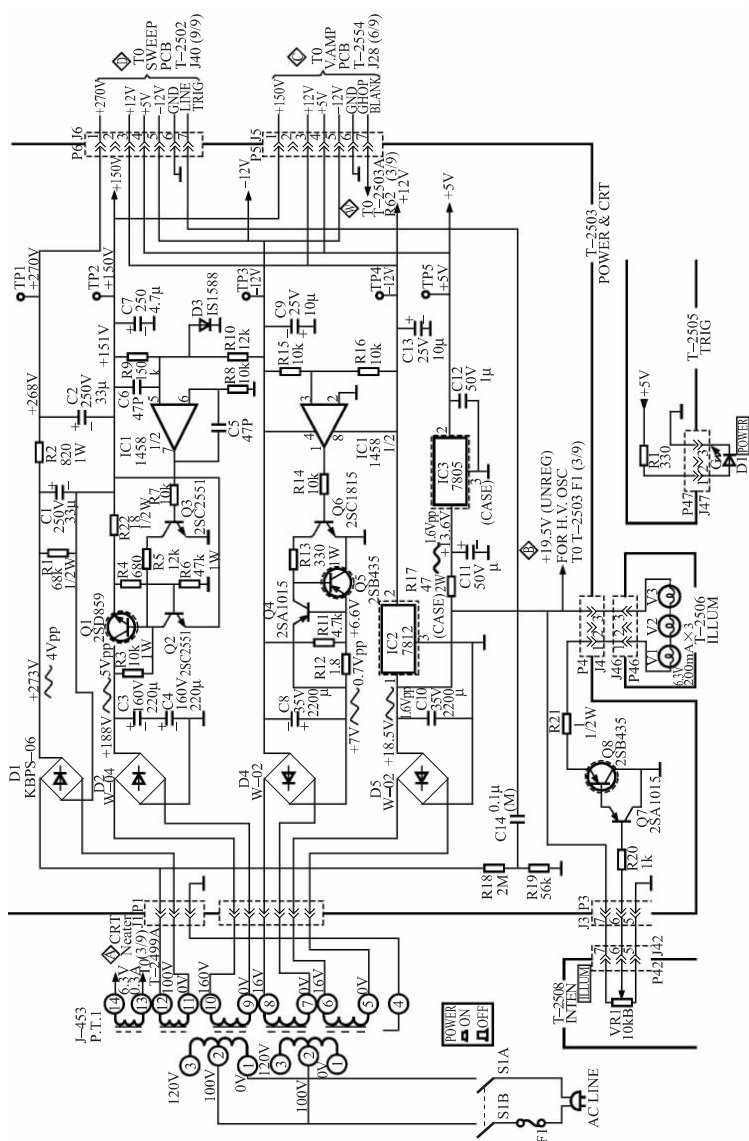
±12V 电源是由桥式整流堆 D4 整流，调整管为 Q5，误差放大器为 IC1（IC1 有两个放大器一个用在 +150V 电源中）。

4. +12V、+5V 稳压电路

还有一个 +12V 电源和 +5V 电源分别是由三端稳压器 IC2（7812）和 IC3（7805）进行稳压的，整流电路共用 D5。

5. 更换功率元件的注意事项

注意图中有虚线的元件由于工作电流比较大都安装在散热片上，如果损坏后更换新的元件，注意将散热片装好。正常工作时表面温度比较高。



8.2.2 水平、垂直扫描和示波管电路

图 8-3 是示波管的结构示意图。图 8-4 是为示波管管座提供电源的电路,例如灯丝电压、阴极电压、阳极电压和栅极电压。X 轴、Y 轴电压分别是由水平和垂直电路提供的。图中 IC1 是基准信号产生电路,它产生的基准方波信号经电位器 VR5 后送到输出端 (CAL)。旋转调整电位器 VR4 是为旋转线圈 L1 提供直流电压的,它的电压可在 $\pm 12\text{V}$ 之间微调, L1 线圈安装在示波管上,其磁场可以对水平扫描的方向产生影响。这是示波器正常工作供电的电路,如果示波管全部不显示,应查此电路。重点是查各晶体管的引脚电压和信号波形,波形标在图中。

1. 示波管供电电路

LBO-522 示波管的管脚排列如图 8-4 中右上角的 T-2499 电路板上的电路所示。示波管的③脚 (K) 应加 1900V 的负压,这个电压是由 Q11 和 T1 组成的开关电路形成的, Q11 是一个开关管, T1 为开关变压器。开关变压器的二次输出的脉冲信号经倍压整流以后形成 -1900V 直流电压。这个电压再经分压和微调电路,由电位器 VR3 输出约为 -1500V 的聚焦电压,然后加到示波管的④脚 (P1)。在观测信号的波形时,需要经常调整聚焦钮,实际上就是 VR3。同时, D17 整流输出的电压加到示波管的②脚 (G1),这些电压是示波管正常工作的必要条件。电路中的滤波电容都工作在很高的电压条件下,选择元件应注意大于 3000V。

示波管的⑤脚的供电电压是由一个 150V 的电源经 VR4 中心抽头分压后得到的,⑥脚的电压是由 R95、R96 分压形成的。

2. 垂直扫描信号

示波管的⑦、⑨脚 (垂直扫描) 的信号是由垂直信号放大器 T-2554 送来的,它是被测信号经电路处理后形成的偏转电压。

3. 水平扫描信号

示波管⑪、⑫脚 (水平扫描) 的信号是由水平放大器 T-2502 送来的,它是由水平扫描形成的控制电压。

4. 故障检查要点

示波器如果出现全无显示的故障,重点应查 Q11、T1 以及

Q12、Q13 等元件。

如果有扫描线而没有波形，故障不在开关电源，而在信号处理电路。

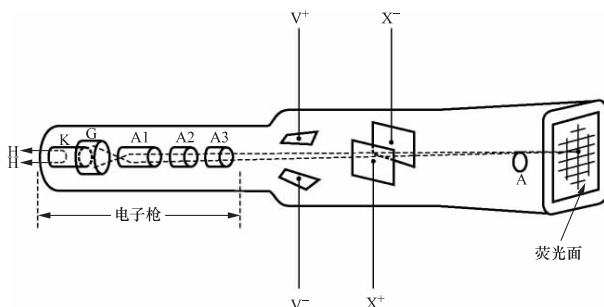


图 8—3 示波管的结构

H—灯丝；A1—第 1 场极；V—垂直偏转板；A—后段加速电极；

K—阴极；A2—第 2 场极；X—垂直偏转板；

G—栅极；A3—第 3 场极

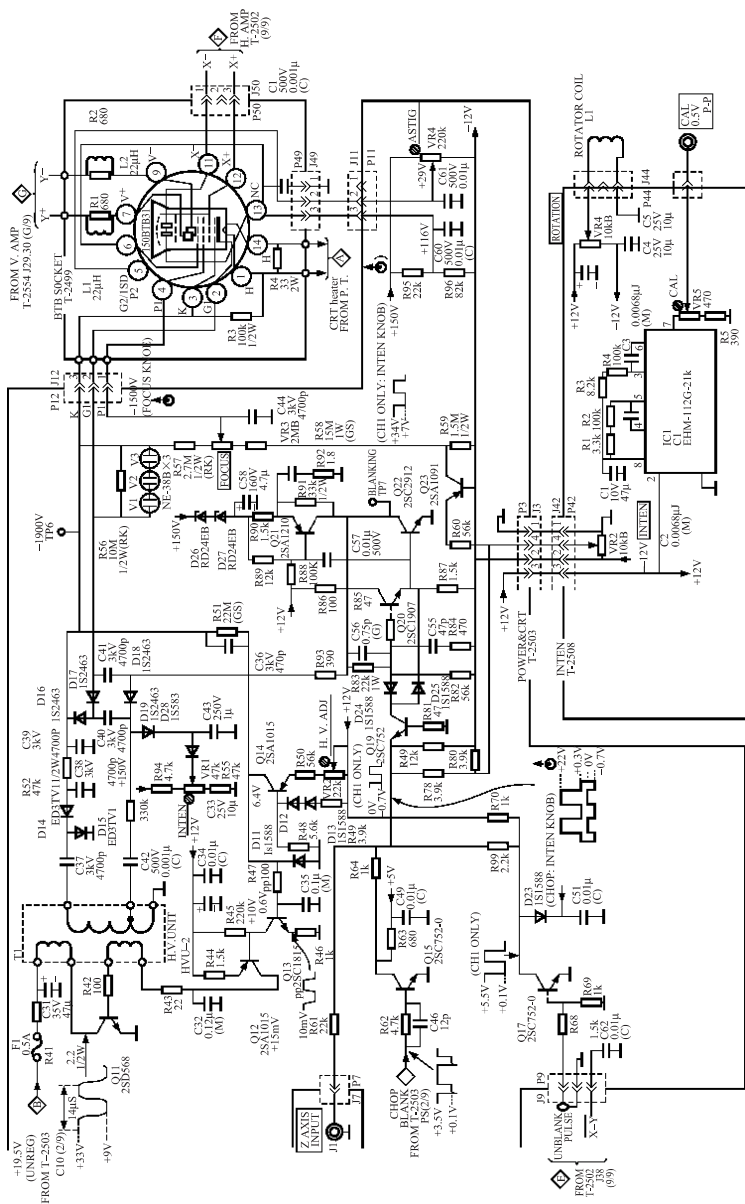


图 8-4 H.V.和示波管电路

8.2.3 CH—1 垂直预放电路

垂直预放电路 (CH—1) 如图 8—5 所示, 它是放大处理被测信号的电路。被测信号从 CH—1 端输入首先经输入方式选择开关 (AC—GND—DC), 然后经过衰减开关, 即垂直灵敏度选择开关 (VOLTS/DIV) (这是一个多组连动的开关)。图中 IC1、IC2 是对被测信号进行放大处理的集成电路。IC3 是 CH—1 信号的输出电路。如 CH—1 通道有故障可按此图检测信号流程。IC2⑨、⑩的信号送到垂直扫描电路然后再送到示波管的 Y⁺ 和 Y⁻ 端。

如果示波器不能显示 CH—1 通道的信号, 应从此电路的输入信号端开始逐级检查。然后再查各 IC 的电源供电电压。

1. 输入方式选择电路 T—2514

它有三个位置, 即 AC—GND—DC, 如选择 AC (交流输入方式), 则被测信号通过耦合电容送入垂直电路; 如果选择 GND (接地), 则被测信号输入端接地, 示波器垂直通道元件信号输入; 如选择 DC, 则被测信号跨过电容直接送到垂直通道, 这种情况被测信号中的直流分量不受损失。

2. CH—1 信号通道

CH—1 信号通道即垂直信号放大电路 T—2554, 被测信号在垂直通道中首先经垂直灵敏度选择电路, 然后再送到集成电路 IC1。由于输入的被测信号幅度有大有小, 为了得到稳定的信号, 对幅度的信号要进行衰减。灵敏度选择就是选择适当的衰减比, 从而得到适当的信号幅度。图中 S1—1F、S1—1R、S1—2FR 是一个多组联动开关, 它就是灵敏度选择电路。

IC1 (EHM—3442—H28S) 和 IC2 (EHM—3548—H32K) 是垂直信号放大器的主要放大集成电路。这两个集成电路是精度比较高的信号放大器。+12V 为这两个集成电路供电。

3. 信号流程

被测信号→CH—1 信号输入端 J3→T—2514 输入信号方式选择开关→R1→S1—1F→S1—1R→R15→R16/C10→IC1②脚→IC1⑬→VR4/CAL'D→S1—2FR→R45→R44→IC2⑳→IC2⑨⑩→Y⁺、Y⁻ (T—2554)。

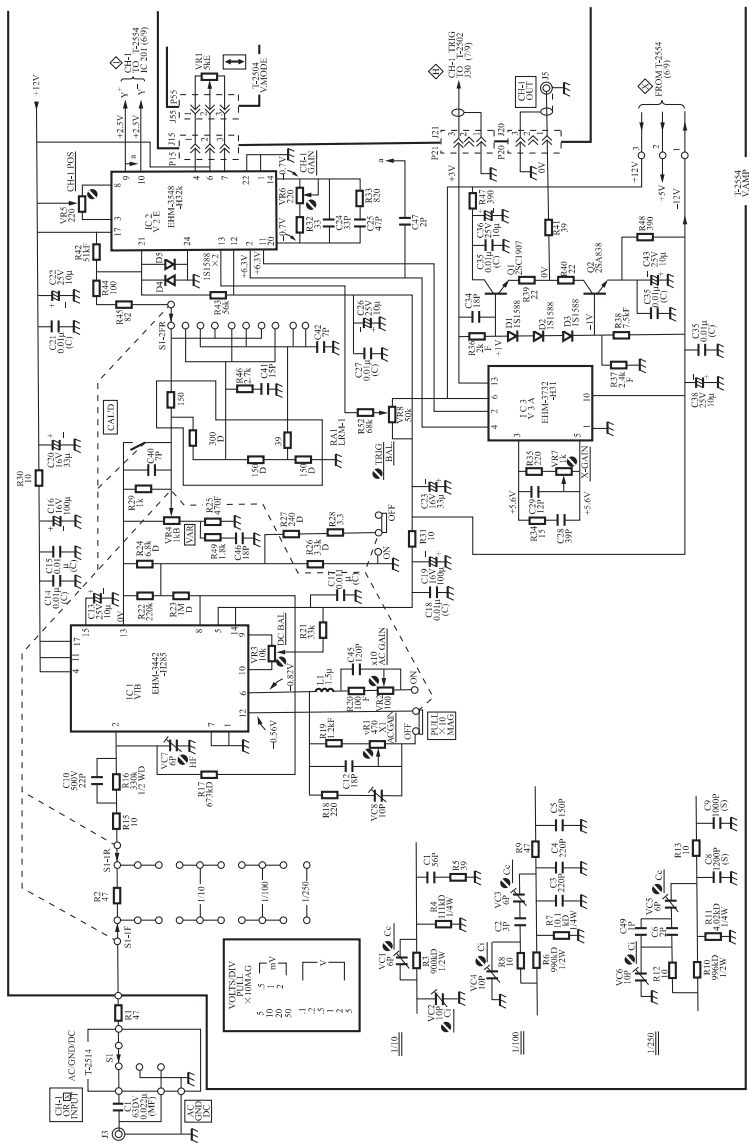


图 8-5 CH-1 信号放大器

8.2.4 CH-2 垂直预放电路

图 8-6 是 CH-2 信道放大电路, 其电路结构基本上与图 8-4 相同, 是放大和处理由 CH-2 输入的被测信号, IC103 放大的信号送到水平扫描的触发电路, 将 CH-2 的信号作为同步触发信号。如果 CH-2 通道的信号不能显示, 应从此电路 CH-2 的信号输入端开始逐级检查被测的信号波形, 再检查各级的电源供电电压, 即可发现故障电路。注意接插件和开关是否有磨损或接触不良的情况。

1. CH-2 通道的电路结构

CH-2 通道的电路结构与 CH-1 基本相同, 它主要是由输入方式选择电路 T-2514、灵敏度选择电路、主信号放大器 IC101 (EHM-3442-H28S) 和 IC102 (EHM-3548-H32K) 等部分构成。IC103 (EHM-3732-H31) 为触发信号形成电路, 它的⑬脚输出触发信号, 并送到 T-2502 的触发电路, 作为 CH-2 信号显示时的扫描基准信号。

2. 信号流程

被测信号送到 CH-2 输入端→输入方式选择电路 (AC/GND/DC) T-2514→CH-2 灵敏度选择开关 S101-1F→S101-1R→R115→R116/C110→IC101②进行放大→IC101 ⑬→VR104/CAL'D (校准)→S101-2FR→R145→R144→IC102 ②放大→IC102⑨⑩→Y⁺ Y⁻ (T-2554)。

3. 衰减网路

图 8-6 的左下部位是 1/10、1/100 和 1/250 的衰减电路的结构, 从图可见其基本上是通过分压的方式实现对输入信号的衰减, 图中的电容用来补偿高频。IC102 输入电路的衰减电路主要由 RA101 和 S101-ZFR 组成。RA101 是一个分压电阻的组合物。

4. 垂直位置调整电路

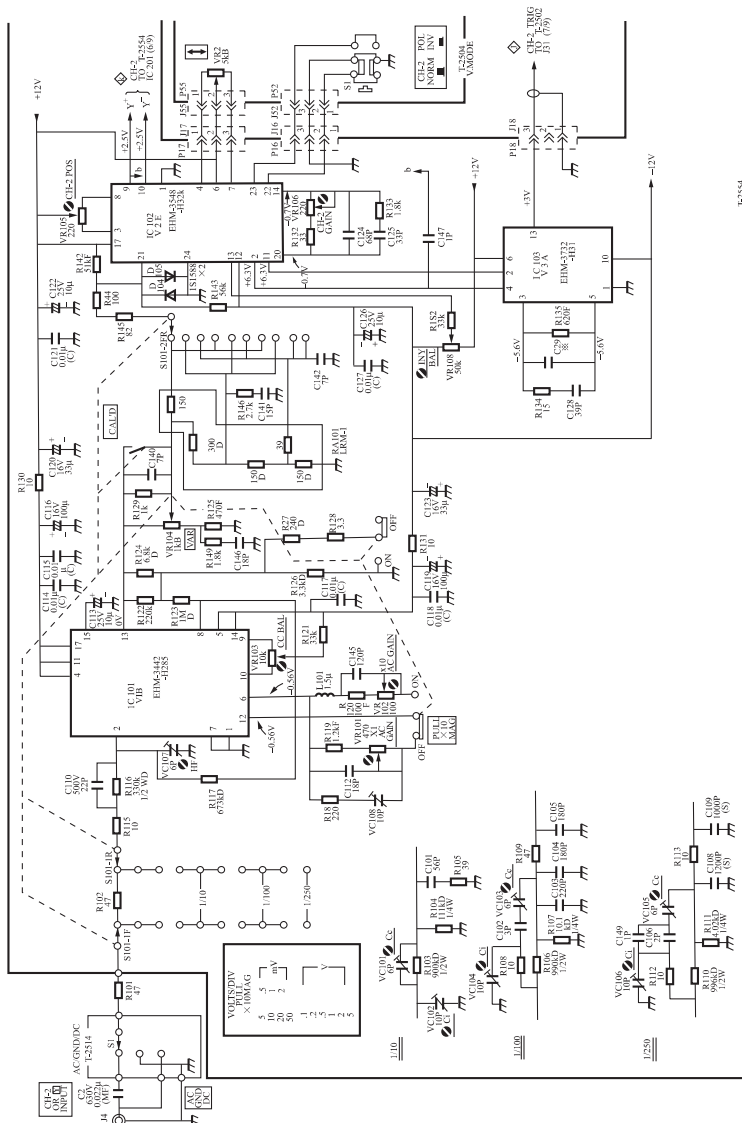
垂直位置调整是指微调显示波形在示波管上的垂直位置, 电位器 VR2 设在 IC102 的④、⑥、⑦脚。+12V 直流电压加到⑥脚, 即微调电位器的中心抽头。改变 IC102④脚或⑦脚的直流电压会使显示信号的直流分量变化。

5. 极性开关电路

极性开关的功能是改变显示信号波形的极性, 开关设在 IC102 的②、③脚外接电路中, 改变②或③的直流电位, 开关的中心点接

地，②脚或③脚通过开关 S1 接地，显示波形的极会反转，对正弦信号正极性和负极性相同的波形，主要用于视频信号之类波形的观测。

8.2 示波器各单元电路的结构和故障检修



8.2.5 垂直扫描模式和末级放大器

图 8-7 是垂直扫描的模式选择和末级放大器，它接收来自 CH-1 和 CH-2 通道放大处理的 Y^+ 、 Y^- 信号经电路处理后送到示波管的 Y 轴 (Y^+ 、 Y^-)。图中 S2 是垂直模式开关，它可以选择 CH-1、CH-2、CHOP、ALT、ADD 等方式，通过 IC201 集成电路来改变垂直扫描的模式。末级放大器是由两个射极跟随器构成 (Q209、Q210)，它为示波管的垂直偏转提供足够的电压，+150V 为末级放大器提供电源电压。如果只有水平扫描而无垂直扫描的波形，应查此电路，可以先顺信号流程检查，从 Y^+ 、 Y^- 的输入直到 Y^+ 、 Y^- 的输出。然后查各电路的供电。特别要检查末级放大器的 150V 电源供电及输出晶体管 Q209、Q210。

1. Y 信号放大器

由 CH-1 信号通道送来的显示波形信号分别送到 IC201 的 ⑫、⑧脚，被测信号如送到 CH-1 时，由 T-25 54 的 IC2 将处理后的 Y^+ Y^- 信号送过来。

由 CH-2 信号同道送来的显示波形信号分别送到 IC201 的 ⑪、⑬脚，被测信号送到 CH-2 端，经 T2554 的电路处理后，由 IC102 将处理后的 Y^+ Y^- 信号送过来。

2. 垂模式控制电路

IC201 中具有信号选择和显示处理功能。如显示模式控制开关 S2 选择 CH-1 显示模式时，模式控制信号经 IC206、IC204 形成对 IC201 ⑨、⑩脚的控制电压，IC201 ①、③脚则输出 CH-1 的信道的信号，经输出电路送到示波管的 Y^+ 、 Y^- 端，此时只显示 CH-1 的信号波形。

如显示模式开关 S2 选择 CH-2 显示模式，控制电路使 IC201 输出 CH-2 信道的信号，示波管只显示 CH-2 的信号。

如显示模式开关 S2 选择交替方式 (ALT)，S2 的控制信号 $\overline{\text{ALT}}$ 经 IC202→IC204→IC205→IC206→IC204 等对 IC201 的 ⑨、⑩ 输送两个反相的脉冲控制信号，则 IC201 ①、③脚交替输出 CH-1 和 CH-2 的显示信号，示波管上就会交替出现波形，同时可观测两个信号。

如果选择 CHOP 方式, 控制信号送到 IC203 的①脚, IC203 会产生一个 250kHz 的脉冲信号, 这个脉冲信号经过 IC202→IC204→IC205→IC206→IC/204 形成 250kHz 的高速切换开关的显示信号, 显示的波形表示为虚线状态。

3. 显示信号输出电路

显示信号是驱动示波管垂直偏转的信号, IC201 经选择和控制由①、③脚输出需要显示的信号, 这两路信号经过 Q201/Q202→Q203/Q204→Q205/Q206→Q209/210→输出 Y^+ 、 Y^- 。显示输出电路由 4 组结构对称的晶体管放大器构成。信号首先送到 Q201/Q202 射极跟随器的基极, 经电流放大后由射极输出, 然后再由 Q203/Q204 组成的均衡放大器进行放大, 放大的信号直接送到 Q205/Q206 的射极。Q205/Q206 是一对共基极放大器, 放大的信号经 R233/R236、D202/S203 和 R237/R238 直接耦合到 Q209/Q210 的基极进行功率放大, 放大后的信号由 Q29/Q210 的射极输出送到示波管的 Y^+ 、 Y^- 端进行显示。

从图 8-7 可见, 输出放大器常采用直接耦合方式, 主要是为了保持信号中的直流分量, 方便对信号直流分量的检测。

Q205/Q206、Q209/Q210 都是功率晶体管, 安装在散热片上, 更换时也要将散热片装好。

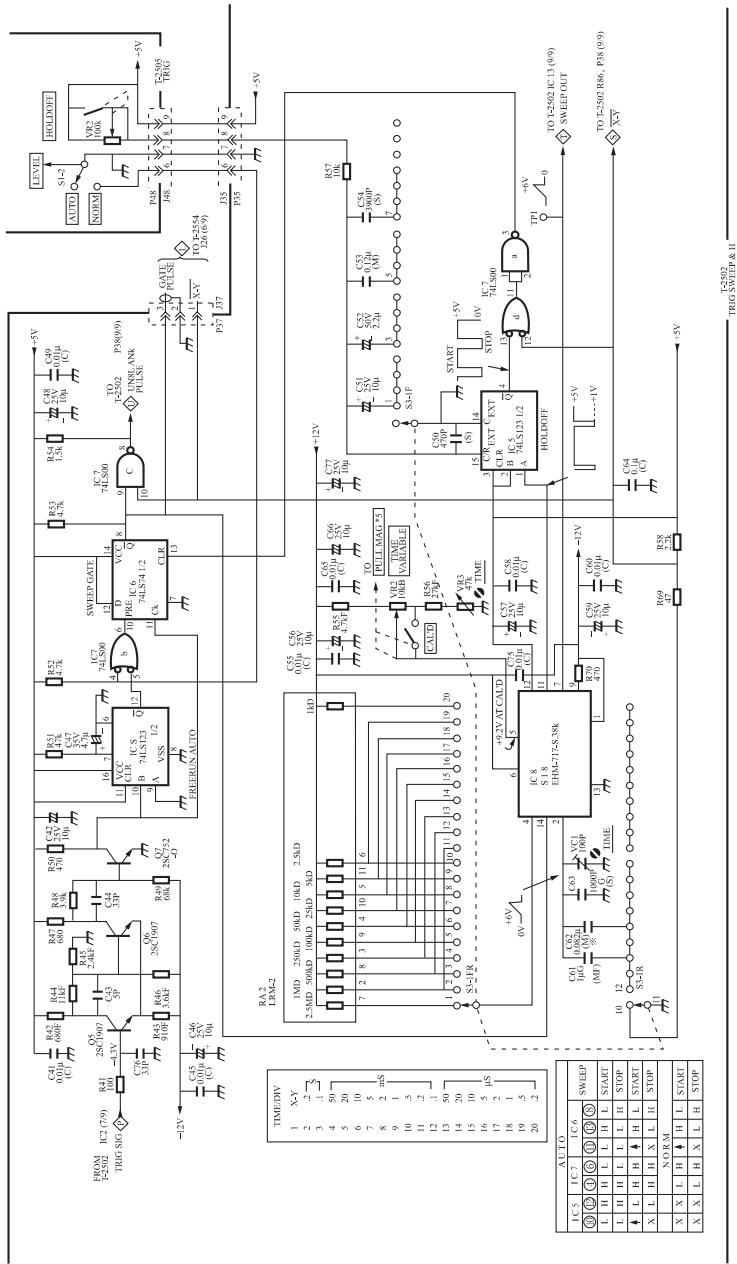
在 Q203/Q204 的基极电路中设有几组 RC 网路。主要是用以补偿高频信号, 同时设有温度补偿电路 (热敏电阻 TH201) 减少测量时温度的影响。

输出级的电源供电量是 +150V, 小信号放大器的电源供电量 +12V, 门电路和触发器的电源供电量为 +5V。此外, IC201 还需要 -12V 电压。这些电压都是由电源电路提供的。

4. 故障检查

如果示波管上有扫描线但无被测信号波形应查 IC201 及输出电路, 重点查 IC201 ⑫、⑧、⑪、⑬的输入和①、③的输出, 如输出正常, 再分别检查输出电路, 如果有信号失常的情况, 则根据电路图中的标的直流电压进行检测, 即可判定故障所在。

第 8 章 示波器的电路结构和故障检修



8.2.6 触发电路

图 8-8 是示波器水平扫描系统中的同步基准选择电路，其中主要的是触发电路。在显示波形时，水平扫描的同步基准可以选择 CH-1、CH-2，以及外触发信号。因此，同步基准由一个开关选择电路 IC1，又称触发电路。CH-1、CH-2 输入的信号，外触发端输入的的信号，以及检测电视信号时从视频信号中分离出的同步信号等都送到 IC1 的⑧、⑫和⑭脚。IC1 电路的工作状态受同步基准信号源开关 S2 的控制，S1-2 是耦合方式选择开关，具有四挡，即交流方式（AC）、高频衰减方式（HF-REJ）、电视行方式（TV-H）、电视场方式（TV-V）。如果显示波形同步混乱或按钮不起作用应查此电路，电压值和信号参照图中的标记。

1. 同步基准选择电路

IC1（EHM-3459-S37K）是同步基准选择电路。CH-1 的同步基准信号送到 IC1 的⑧脚，CH-2 的同步基准信号送到⑫脚。电视信号的同步基准送到⑭脚，触发信号由插座（EXT TRIG INPUT）送到⑯脚。这四种信号在 IC1 中进行选择，然后由 IC1 ②脚输出送到 IC2 的④脚，经 IC2 处理后由 IC2 的⑯脚输出将同步基准送到扫描电路 T-2502。

同步基准选择开关是 S2，它供用户在检测信号时使用，S2 有 5 个位置，即 ALT、CH-1、CH-2、LINE、EXE。S2 的开关通过对 5 条线的接地控制，再经门电路实现对⑦、⑪⑮、⑰脚的控制。当同步基准信号开关选择交替工作方式时，再经门电路实现对⑦和⑪脚为相位相反的脉冲信号，如果选择 CH-1 时，⑦脚为 +4.5V；选 CH2 时⑪脚为 +4.5V；选 LINE（电视信号）时⑮脚为 4.5V；选外触发时（EXT）⑰脚为 4.5V。

2. 耦合方式选择（coupling）

在 IC2 的⑪、⑫脚外设有同步信号的耦合方式选择开关 S1-2，它有四个位置，即 AC、HF-REJ、TV-V、TV-H。

示波器通常都选择交流（AC）耦合方式。交流信号从 20Hz~20MHz。如果同步信号的频率太低，例如低于 30Hz，则这种情况观测的信号波形不理想，应将同步电平调整钮拉出成正常状态

(图 8-8 中 S1-1)。

同步信号的耦合方式开关 S1-2 置于 HF-REJ 位置时, IC2 使同步基准信号低通滤波器将 100kHz 以上的高频干扰和噪声滤除掉, 此状态所测的信号频率应在 10kHz 以下, 否则对测量有一定的影响。

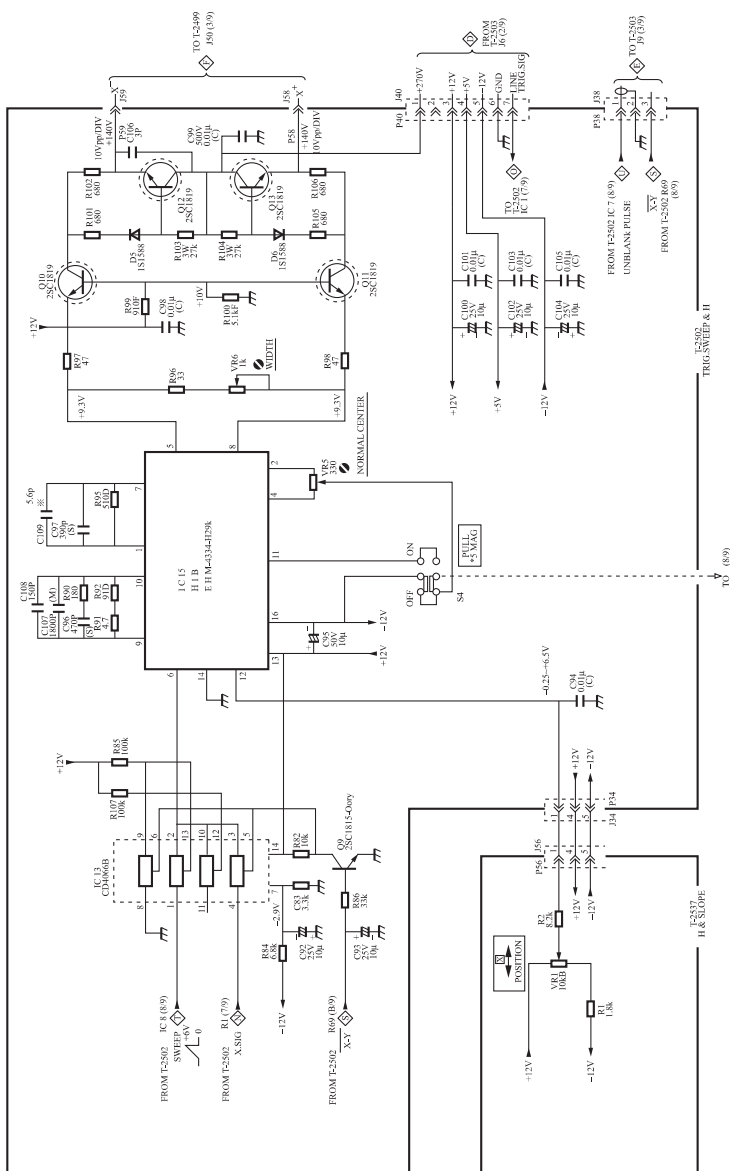
耦合方式开关在 TV-V、TV-H 状态, 主要是在测量电视信号时使用, 在这种情况下以电视信号中的场信号和行信号作为同步的基准信号。S2 和 S1-1、S1-2 要配合使用。

3. 故障判别和检查

使用示波器测量信号时常会有波形不同步 (波形稳定不下来) 导致看不清波形的情况, 这些情况的发生往往是使用和调整不当造成的, 而不是示波器本身出现了故障。同步源 (SOURCE) 钮、耦合方式 (Coupling) 和触发电平 (LEVEL) 这三个钮要配合调整, 才能得到稳定的波形显示。

如果调整不起作用, 同步失常, 应分别对 IC1 和 IC2 进行信号电压的测量, 测量同步信号是否送到 IC1 的各输入端。然后再分别检查电路中的各引脚直流工作电压。在电路中很多部位的直流电压的值差别很大, 特别是很多电压为负值, 测量时要注意。

8.2 示波器各单元电路的结构和故障检修



8.2.7 水平扫描时间轴电路

水平扫描电路如图 8-9 所示,它主要是时间轴选择电路,时间轴选择开关 S3 (在图 8-9 左下角)是一个三联开关,它安装在示波器的面板上。时间轴微调电位器 VR2 和校准开关联动,当校准位置时开关接通,VR2 不起作用。HOLDOFF 调整电位器时控制 IC5 扫描起始脉冲位置的电压,从而实现对扫描门电路 IC6 的控制,如果显示波形的时间轴不正常,应检查此电路。这里的集成电路都是逻辑电路,检查信号和检查波形都比较方便。

1. 水平扫描电路

IC8 是水平扫描信号形成电路,用示波器测量信号时,要根据被测信号的频率选择适当的时间轴。否则时间轴选择的不当会使波形看不清楚或无法得到稳定完整的波形。时间轴开关电路是由 S3-1FR、S3-1R、S3-1F 三组开关联动进行选择的,改变开关的位置就会使水平扫描锯齿波形成电路 IC8 输出的扫描信号的周期发生变化。这个三联开关一共 20 挡。第一挡为 X-Y 状态。2~3 挡时间轴为 $0.2\sim 0.1\text{s}$; 4~12 挡为 $50\sim 0.1\text{ms}$; 13~20 挡为 $50\sim 0.2\mu\text{s}$ 。

2. 同步基准电路

水平扫描电路提出的扫描锯齿波信号要与被测信号的频率和相位一致或成整数倍才能观测到稳定的信号波形。由触发电路 T-2502 形成的同步基准信号送到 Q5 的基极,同步信号由三级直接耦合放大器进行放大 (Q5、Q6、Q7),信号送到 IC5 的⑩脚,IC5 (74LS123) 是一个触发器,信号由⑫脚输出,再经 IC7 和 IC6,最后由 IC7 输出。然后送到 T-2502。

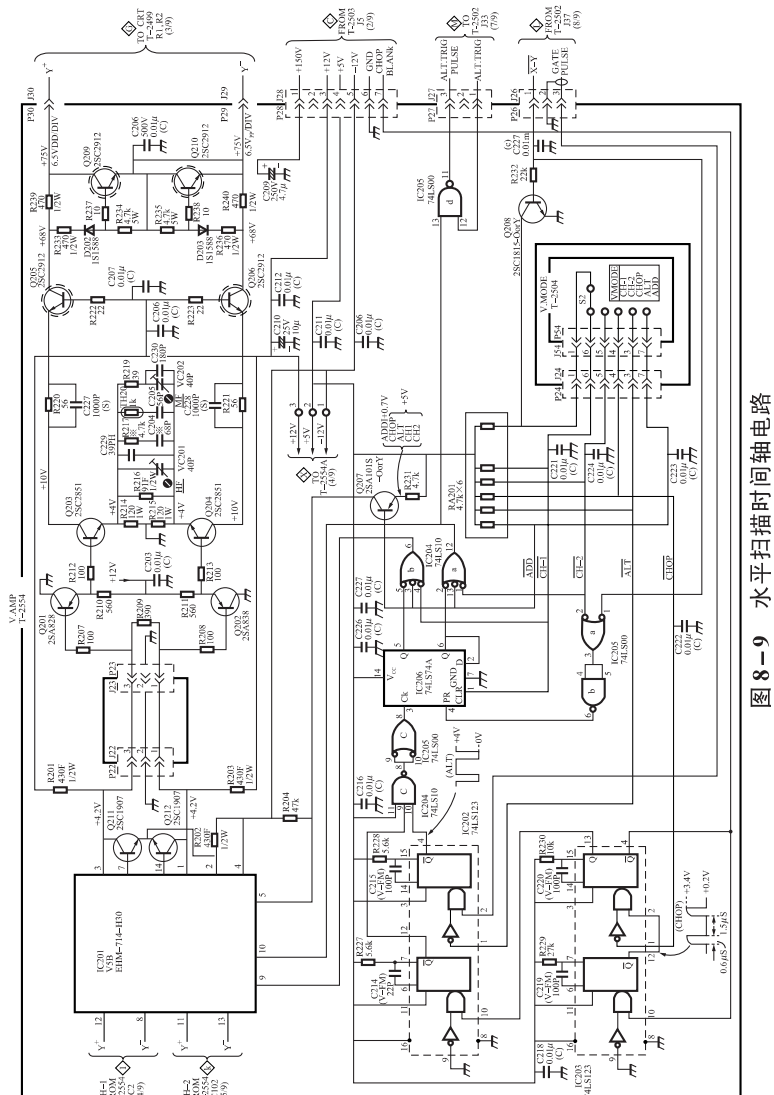
3. HOLDOFF 电路

实际上是调整同步定时的暂停时间,在观测复杂脉冲列时,需要微调,以便获得稳定正确的波形。IC5 (74LS123) 是形成 HOLDOFF 信号的主体电路,微调电位器设在 IC5 ⑮脚处,电位器 VR2 ($100\text{k}\Omega$) 与 R57 串联,当开关闭合后,微调电位器不起作用。此处所指的 VR2 ($100\text{k}\Omega$) 位于 T-2505 板上,应注意与图 8-9 中 IC8 ⑤脚外的 VR2 (时间轴微调) 相区别。

4. 时间轴微调电路

时间轴微调电位器 VR2 设在 IC8 的⑤脚,调整 VR2 时,为⑤脚提供变化的直流电压。

8.2 示波器各单元电路的结构和故障检修



8.2.8 水平通道放大器

水平通道放大器如图 8-10 所示,它是为示波管水平偏转电极提供扫描电压的末级放大电路,来自水平扫描电路的锯齿波信号、X 轴信号,经 IC13 处理后送到水平扫描信号形成电路 IC15 的⑥脚,IC15 ⑤、⑧脚输出扫描锯齿波信号,经激励放大器 Q10、Q11 放大后由 Q12、Q13 输出。分别送到示波管的 X 偏转电极。水平位置调整电位器将控制电压 ($-120 \sim +12\text{V}$) 加到 IC15 的⑫脚。水平扫描系统出现故障应查此电路的扫描信号输入端和 IC15 的输出端⑤、⑧,其次是检查各部分的直流电压。

1. 水平扫描信号选择电路

通常水平扫描信号是由水平扫描信号形成电路 T-2502 中的 IC8 输出,送到 IC13 的①脚,当 X 轴有信号输入时,由 T-2502 R1 送来的 X 轴扫描信号,加到 IC13 的④脚。IC13 的工作状态受 Q9 集电极电压的控制。正常时 IC13 ②脚输出①脚输入的信号,当 X-Y 工作方式时,②脚输出④脚的 X 信号。

2. 水平扫描信号的驱动和输出电路

IC15 (EHM-4334-H29K) 是水平扫描信号的驱动电路。它的功能是形成水平扫描的锯齿波信号,水平位置调整电位器 (POSITION) VR1 设在 IC15 的⑫脚,调整 VR1 使 IC15 脚的直流电压在 $+12 \sim -12\text{V}$ 之间变化。

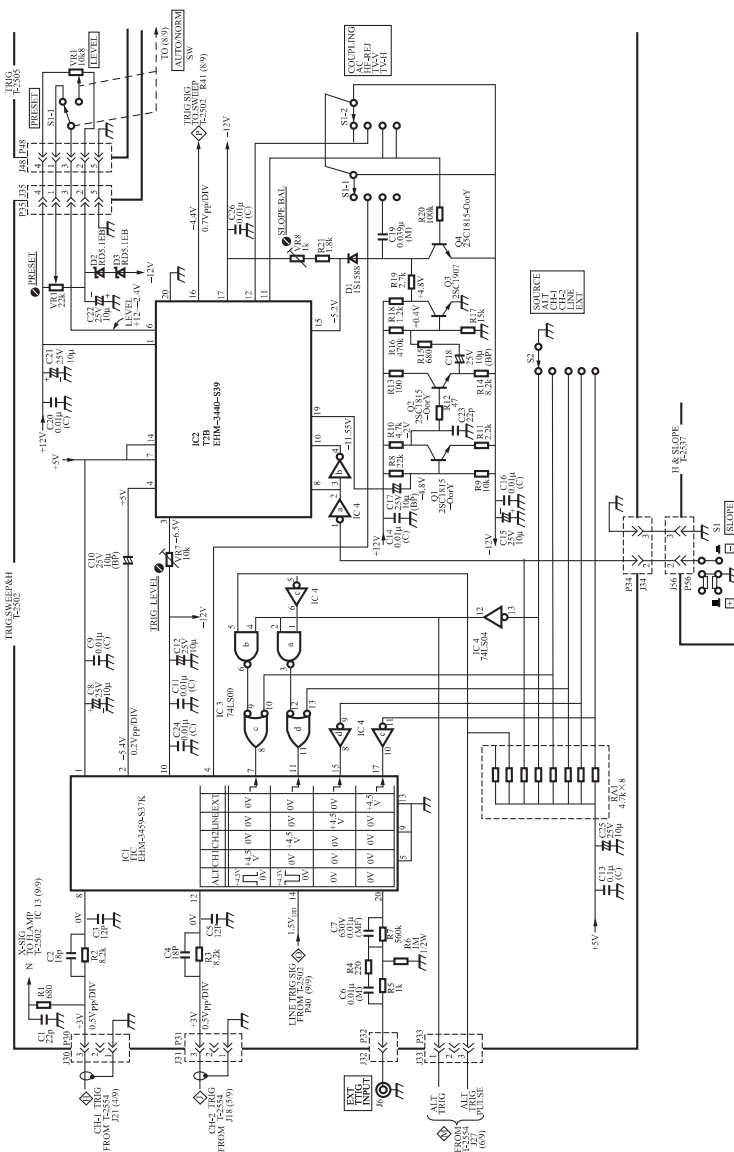
IC15 ⑪、⑬脚外接有开关 S4,为水平时间轴扩展 5 倍的电路。

IC15 ②、④脚之间设有电位器 VR5,此电位器可调波形的显示中心位置。

IC15 ⑤、⑧脚输出水平扫描锯齿波信号,分别由 Q10/Q11 共基极放大器进行放大,然后再由 Q12/Q13 进行放大,放大后的信号分别由两输出晶体管的射极输出,最后送到示波器的水平偏转电极。

输出极的电源是直流 $+270\text{V}$,由电源板提供。电路中 $+12$ 、 $+5$ 、 -12V 也都是电源电路提供的。

8.2 示波器各单元电路的结构和故障检修



9.1 选择示波器应考虑的因素

自从示波器问世以来，它一直是最重要、最常用的电子测试工具之一。而随着电子技术的发展，示波器的功能不断的提升，市场上的品种也多种多样，不同规格的示波器的性能与价格也各具特色，如何正确选用示波器，则成为一个问题。

9.1.1 根据被测信号的种类和特点选择示波器

选择示波器，主要要根据以下参数进行选择：

- (1) 要捕捉并观察的信号的类型，信号是否有复杂的特性。
- (2) 信号是重复信号还是单次信号。
- (3) 要测量的信号过渡过程或带宽，或者上升时间是多大，用何种信号特性来触发短脉冲，脉冲宽度的量级、窄脉冲的量级是多少，需要同时显示多少个信号，是模拟还是数字信号。

习惯上总觉得模拟示波器具有熟悉的面板控制键钮，价格低廉，因而觉得模拟示波器“使用方便”。但是随着 A/D 转换器速度逐年提高和价格的不断降低，以及数字示波器不断增加的测量能力及各种实用功能的开发，尤其是捕捉瞬时信号和记忆信号的功能的完善，使数字示波器越来越受欢迎。

9.1.2 示波器的带宽

带宽一般定义为正弦输入信号幅度衰减到 -3dB 时的频率，即平均幅度的 70.7% ，如图9—1所示，带宽决定示波器对信号的基本测量能力。随着信号频率的增加，示波器对信号的准确显示能力将下降，如果没有足够的带宽，示波器将无法分辨高频分量的变化。幅度将出现失真，边缘会变得圆滑，细节参数将丢失。如果没有足够的带宽，就不能得到关于信号的所有特性及参数。

选择示波器时将要测量的信号最高频率分量乘以5作为示波器的带宽。这将会在测量中获得高于 2% 的精度。例如要测量电视机的色副载波，其频率为 4.43MHz ，则取 4.43MHz 的5倍，约为 22MHz 的示波器能满足精确的测量要求。

在某些应用场合，不知道信号带宽，但要了解其最快上升时间，大多数字示波器的频率响应，可用下面的公式来计算等效带宽和仪器的上升时间： $B_w = 0.35 / \text{信号的最快上升时间}$ 。

带宽有两种类型：重复（或等效时间）带宽和实时（或单次）带宽。重复带宽只适用于重复的信号，显示来自于多次信号采集期间的采样。实时带宽是示波器的单次采样中所能捕捉的最高频率，且当捕捉的事件不是经常出现时，要求相当苛刻。实时带宽与采样速率是密切相关的。

由于更宽的带宽往往意味着更高的价格，因此，应根据成本、投资和性能进行综合考虑。

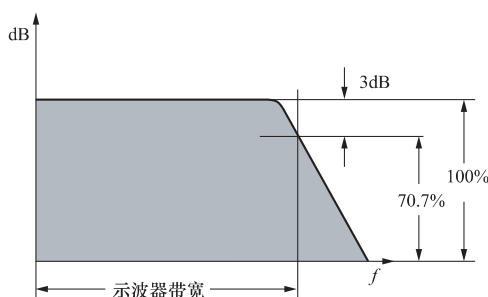


图9—1 示波器的带宽

9.1.3 采样速率是数字示波器的重要指标

采样速率即为每秒采样次数，指数字示波器对信号采样的频率。示波器的采样速率越快，所显示的波形的分辨率和清晰度就越高，重要信息和随机信号丢失的概率就越小。

如果需要观测较长时间范围内的慢变信号，则最小采样速率就变得较为重要。为了在显示的波形记录中保持固定的波形数，需要调整水平控制旋钮，而所显示的采样速率也将随着水平调节旋钮的调节而变化。

采样速率计算方法取决于所测量的波形的类型，以及示波器所采用的信号重现方式。

为了准确再现信号并避免混淆，奈奎斯特定理规定：信号的采样速率必须大于被测信号最高频率成分的两倍。然而，这个定理的前提是基于无限长时间和连续的信号。由于没有示波器可以提供无限时间的记录长度，而且，从定义上看，低频干扰是不连续的，所以采用两倍于最高频率成分的采样速率，对数字示波器来说通常是不够的。

实际上，信号的准确再现取决于其采样速率和信号采样点间隙所采用的插值法。一些示波器会为操作者提供以下选择：测量正弦信号的正弦插值法，以及测量矩形波、脉冲和其他信号类型的线性插值法。

有一个在比较取样速率和信号带宽时很有用的经验法则：如果示波器有内插（通过筛选以便在取样点间重新生成），则“取样速率/信号带宽”的比值至少应为 4 : 1。无正弦内插时，则应采取 10 : 1 的比值。

9.1.4 屏幕刷新率

所有的示波器都会闪烁。也就是说，示波器每秒钟以特定的次数捕获信号，在这些测量点之间将不再进行测量。这就是波形捕获速率，也称屏幕刷新率，表示为波形数每秒（wfms/s）。采样速率表示的是示波器在一个波形或周期内，采样输入信号的频率；波形捕获速率则是指示波器采集波形的速度。波形捕获速率取决于示波器的类型和性能级别，且有着很大的变化范围。高频波形捕获速率的示波器将会提供更多的重要信号特性，并能极大地增加示波器快速捕获瞬时的异常信息，如抖动、矮脉冲、低频干扰和瞬时误差的概率等。

数字存储示波器（DSO）使用串行处理结构每秒钟可以捕获10~5000个波形。DPO数字荧光示波器采用并行处理结构，可以提供更高的波形捕获速率，有的高达每秒数百万个，大大提高了捕获间歇和难以捕捉信号的可能性，并能更快地发现瞬间出现的信号。

9.1.5 存储深度

存储深度是示波器所能存储的采样点多少的量度。如果需要不间断地捕捉一个脉冲串，则要求示波器有足够的存储空间以便捕捉整个过程中偶然出现的信号。将所要捕捉的时间长度除以精确重现信号所需的取样速度，可以计算出所要求的存储深度，也称记录长度。

在正确位置上捕捉信号的有效触发，通常可以减小示波器实际需要的存储量。

存储深度与取样速度密切相关。存储深度取决于要测量的总时间跨度和所要求的时间分辨率。

很多示波器允许用户选择记录长度，以便对一些操作中的细节进行优化。分析一个十分稳定的正弦信号只需要 500 点的记录长度；但如果要解析一个复杂的数字数据流，则需要有一百万个点或更多点的记录长度。

9.1.6 触发及其信号

示波器的触发能使信号在正确的位置开始水平同步扫描，决定信号波形的显示是否清晰。触发控制按钮可以稳定重复地显示波形并捕获单次波形。

大多数通用示波器的用户只采用边沿触发方式，特别是对新设计产品的故障查寻喜欢采用此方式。而先进的触发方式可将所关心的信号分离出来，从而最有效地利用取样速度和存储深度。

现今很多示波器具有先进的触发能力。能根据由幅度定义的脉冲（如短脉冲），由时间限定的脉冲（脉冲宽度、窄脉冲、转换率、建立/保持时间）和由逻辑状态或图形描述的脉冲（逻辑触发）进行触发。扩展和常规的触发功能组合也帮助显示视频和其他难以捕捉的信号，如此先进的触发能力，在设置测试过程时提供了很大程度的灵活性，而且能大大地简化测量工作，给使用带来了很大的方便。

9.1.7 示波器的通道数

示波器的通道数取决于同时观测的信号数。在电子产品的开发和维修行业需要的是双通道示波器或称双踪示波器。如果要求观察多个模拟信号的相互关系，将需要一台 4 通道示波器。许多工作于模拟与数字两种信号系统的科研环境也考虑采用 4 通道示波器。还有一种较新的选择，即所谓混合信号示波器，它将逻辑分析仪的通道计数及触发能力与示波器的较高分辨率综合到具有时间相关显示的单一仪器之中。

对于观测复杂的信号，屏幕更新速率、波形捕获方式和触发能力是需要考虑的。波形捕获模式有以下几种：采样模式、峰值检测模式、高分辨率模式、包络模式、平均值模式等。更新速率是示波器对信号和控制的变化反应速度的概念，而峰值检测有助于在较慢的信号中捕捉快速信号的峰值。

图 9-2 所示的示波器增加了扩展输入通道的电路及接口控制电路，这样可适应多路信号同时观测的要求。

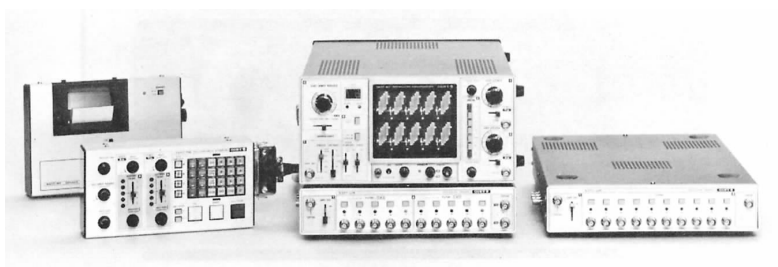


图 9-2 扩展输入通道的附件

9.2 家电维修中使用的示波器

家电维修工作中电视机、影碟机和音响产品的维修都需要示波器。考虑到经济性通常选用 20MHz 双踪示波器便可以满足维修要求，因为在维修工作中往往不需要精确，测量信号的各种参数，只需粗略的观测信号波形，估算频率和周期。此外，家电产品中很多的信号的频率特性都在示波器的测量范围之内，例如音频信号、使频信号、行同步、场同步、控制信号等都在示波器的测量范围之内，某些大于 20MHz 时钟信号也能测量。

但对于经济条件好的用户应选购 40MHz 的示波器，这样测量高频信号的精度更高。

选购二手示波器要注意其可靠性，使用是否方便，最好是自己去挑选，各调节旋钮要牢靠。

家电维修工作中的示波器最好要有选行（电视信号的行信号）和选场（场同步）功能。便于观测视频信号时易于同步，使观测的波形稳定。

图 9-3 是一种在家电维修中使用的示波器，它具有 2 个通道，以及多种同步功能，频率范围为 20MHz。



图 9-3 典型的双踪示波器

9.3 示波器使用注意事项

9.3.1 电源电压的检查

示波器使用前首先要检查一下其所需要的电源电压，特别对进口示波器，要注意将其调整至 220V 交流供电的状态。LBO-522/523 示波器的电源变压器设有多个端子，在不同的交流电压情况下使用示波器，可以通过改变电源变压器的接法满足使用要求。如果设置在 110V 环境下使用就会损坏电源及其他器件。

9.3.2 信号输入幅度要求

一般示波器的信号输入端会有一定的幅度要求，LBO-522/523 示波器的输入信号最大不得超过 600V (AC_{p-p}+DC)，其中 AC_{p-p} 是指交流信号的峰峰值，+DC 是指加直流分量。也就是说输入的信号是交流信号或是交流信号包含有直流分量，其最大值不得的超过 600V。如果超出此值有可能损坏示波器的电路元件。在这种情况下，应先将信号衰减后再用示波器测量，例如示波器不能直接测量行输出的高压脉冲（1000V 峰值），需要测量时要使用高压探头，对信号进行大幅度衰减。

9.3.3 避免强磁场干扰

如果在强磁场的环境下使用示波器，有可能引起测试波形失真或摆动，使测量信号误差较大，在使用时需要注意。

9.3.4 避免高湿和高温环境

示波器的使用环境通常在 $0\sim\pm 40^{\circ}$ ，相对湿度为 10%~90%，否则会影响示波器的寿命。

9.3.5 示波器的亮度

示波管扫描的亮度过高也会影响示波管的寿命，因此，在能看清楚波形的情况下尽可能减小亮度，以延长示波管的寿命。