



ICS1700N
BS228 G

BB1207P
BK68 G2

ELECTRON



谭清雄 主编

电子实习指导

DIANZI SHIXI ZHIDAO

湖南大学出版社

电子实习指导

谭清雄 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

湖南大学出版社
2000年·长沙

图书在版编目(CIP)数据

电子实习指导/谭清雄主编. - 长沙:湖南大学出版社,2000.9

ISBN 7-81053-324-X

I.电… II.谭… III 电子技术-实习 IV.TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 72435 号

内 容 提 要

本书着重介绍了电子实践知识,从仪器使用、元器件、工具、读图、制做印制电路板到安装、焊接、调试、故障排除等,一一作了详细的介绍。同时向读者介绍了与日常生活相关的小电子产品数例,供实习者训练基本功。

电子实习指导

Dianzi Shixi Zhidao

主编 谭清雄

☐责任编辑 玉 林

☐出版发行 湖南大学出版社

社址 湖南长沙市岳麓山 邮 码 410082

电 话 (0731)8821691 (0731)8821315

☐经 销 湖南省新华书店

☐印 装 湖南大学印刷厂

☐开本 787×1092 16 开 ☐印张 17 ☐字数 435 千

☐版次 2000 年 10 月第 1 版 ☐2000 年 10 月第 1 次印刷

☐印数 1-3 000 册

☐书号 ISBN 7-81053-324-X/TN·5

☐定价 22.00 元

(湖南大学版图书凡有印装差错,请向承印厂调换)

前 言

电子实习的目的:第一,主要是培养理、工科学生具备较强的电子实践技能,为今后继续学习电子技术、为将来的工作、为终生的事业打下扎实的基础;第二,通过实习,将学过的相关理论连贯起来,活用起来,巩固起来;第三,为了满足时代对理论、实践复合型人才的需要。

在当今电子时代里,电子技术早已遍及各个领域,它不仅在工业、农业、科学技术和国防方面获得了广泛的应用,而且已渗透到医药、卫生、财贸、文化艺术和人民生活的各个领域之中。普及电子技术知识,已成为加快我国四化建设进程所必须。

电子电路是理论性和实践性很强的一门学问,只有边理论边实践,才能加深理解、收到实效。“醉过方知酒浓,爱过方知情深”,只要读者肯实践,本书将能帮助您开拓思路,提高处理实际问题的能力,帮助开发您喜欢的小产品,从中获得无穷的乐趣。

为了适应电子实习的需要,特编写本书作为理、工科类学生实习用书,同时也可作为业余无线电爱好者的参考。本书着重介绍了电子实践知识,从仪器使用、元器件、工具、读图、制做印制电路板到安装、焊接、调试、故障排除等,一一作了详细的介绍。同时向读者介绍了与日常生活相关的小电子产品数例,供实习者训练基本功。

本书由谭清雄主编,编写中得到了湖南大学电气与信息工程学院副院长孔照荣副教授对全书的审阅,并提出了宝贵的意见;同时,有周筱珍、王碧莲副教授、方向东、刘晓春、平俞、石冰、王敏等老师认真参与了本书的编写工作。在此一并致以衷心的感谢。

编者水平有限和时间仓促,不妥处在所难免,请读者指正。

编 者

1999年11月10日

于湖南大学

目 次

前言

第一章 常用电子仪器	(1)
第一节 示波器	(1)
1.1.1 基本组成	(1)
1.1.2 显示原理	(6)
1.1.3 合理选用	(8)
1.1.4 操作技术	(10)
第二节 万用表	(18)
1.2.1 测量原理	(20)
1.2.2 合理选用	(24)
1.2.3 操作技术	(26)
第三节 信号发生器	(35)
1.3.1 基本组成	(35)
1.3.2 操作技术	(37)
第四节 稳压电源	(38)
1.4.1 基本原理	(39)
1.4.2 操作技术	(41)
第五节 DA-16型晶体管毫伏表	(42)
1.5.1 概 述	(42)
1.5.2 技术性能	(42)
1.5.3 工作原理	(42)
1.5.4 使用方法	(43)
第六节 WQJ-1型精密万用电桥	(44)
1.6.1 概述	(44)
1.6.2 技术性能	(44)
1.6.3 工作原理	(46)
1.6.4 使用方法	(47)
第七节 晶体管特性图示器	(55)
1.7.1 概述	(55)
1.7.2 基本工作原理	(56)
1.7.3 使用方法	(56)
第八节 扫频仪	(83)
1.8.1 概述	(83)
1.8.2 技术性能	(83)
1.8.3 工作原理	(85)

1.8.4 使用方法	(86)
第二章 电子元器件与识别	(89)
第一节 电阻器、电位器、电容器及有关元器件	(89)
2.1.1 电阻器	(89)
2.1.2 电位器	(93)
2.1.3 电容器	(95)
2.1.4 电感器	(100)
2.1.5 电声器件	(102)
第二节 分立半导体器件	(104)
2.2.1 二极管	(104)
2.2.2 三极管	(108)
2.2.3 其他半导体器件	(112)
第三节 集成电路	(114)
2.3.1 概述	(114)
2.3.2 数字集成电路	(116)
2.3.3 模拟集成电路	(117)
2.3.4 音响集成电路	(117)
第四节 真空电子器件与显示器件	(118)
第五节 表面安装元器件	(119)
2.5.1 概述	(119)
2.5.2 表面安装无源元件(SMC)	(119)
2.5.3 表面安装有源器件(SMD)	(122)
第三章 读图	(123)
第一节 电气图的分类	(123)
3.1.1 系统图	(123)
3.1.2 电路图	(123)
3.1.3 接线图	(123)
3.1.4 印制电路板图	(124)
3.1.5 逻辑图	(126)
第二节 图形符号的识别	(127)
第三节 各类图形符号	(128)
第四节 读图的一般方法	(134)
第四章 印制电路板	(136)
第一节 印制电路板的特点	(136)
第二节 覆铜箔层压板	(136)
第三节 印制电路板的种类	(137)
第四节 印制电路板的设计	(138)
4.4.1 设计印制电路板图(布置图)	(138)
4.4.2 印制电路板元件布置的原则和要求	(138)

4.4.3 绘制印制电路板布置图的要点	(139)
第五节 自制印制电路板的过程	(146)
第五章 电子实习工具	(148)
第一节 必备工具	(148)
第二节 专用工具	(151)
第六章 安装与焊接	(153)
第一节 安装	(153)
6.1.1 安装工艺的整体要求	(153)
6.1.2 安装工艺的流程	(154)
6.1.3 安装工艺的具体要求——工艺卡	(155)
6.1.4 元器件的检验、老化和筛选	(155)
6.1.5 元器件的预处理	(156)
6.1.6 安装工艺中的紧固和联接	(161)
6.1.7 元器件的安装	(163)
6.1.8 半成品的检测、调试与测试针床	(170)
第二节 焊接	(171)
6.2.1 焊接的概念及其物理过程	(171)
6.2.2 焊接工具	(172)
6.2.3 焊料、焊剂与元器件的可焊性	(176)
6.2.4 焊接过程与操作要领	(179)
6.2.5 焊接的质量检验	(181)
6.2.6 特殊元器件的焊接	(183)
6.2.7 锡焊元器件的无损拆卸	(184)
6.2.8 浸焊	(184)
6.2.9 波峰焊与再流焊	(185)
6.2.10 印制电路板的焊接	(186)
第七章 调试	(191)
第一节 调试技术	(191)
7.1.1 目的和原则	(191)
7.1.2 调试的准备	(192)
7.1.3 静态调试	(192)
7.1.4 动态调试	(193)
第二节 干扰和噪声	(195)
7.2.1 干扰	(195)
7.2.2 噪声	(197)
第三节 抑制技术	(199)
7.3.1 器件选择	(199)

7.3.2	合理布局	(200)
7.3.3	电源处理	(201)
7.3.4	屏蔽	(201)
7.3.5	接地	(203)
7.3.6	隔离	(204)
7.3.7	去耦	(205)
7.3.8	补偿	(207)
7.3.9	信号传输的抗干扰	(207)
7.3.10	测量系统的抗共模干扰	(209)
第八章	故障诊断与排除	(211)
第一节	故障的产生	(211)
第二节	故障的诊断	(212)
第三节	诊断方法	(213)
第四节	故障的排除	(215)
第九章	电子实习步骤	(219)
第一节	实习任务	(219)
第二节	实习步骤	(219)
9.2.1	一周组装六管收音机进度日程、评分表	(219)
9.2.2	二周组装黑白电视机进度日程、评分表	(220)
第三节	实习组装电子产品实例	(221)
9.3.1	0~12V 可调稳压电源	(221)
9.3.2	镍隔电池自动充电器	(222)
9.3.3	晶体管收音机	(225)
9.3.4	集成电路黑白电视机电路分析	(244)
9.3.5	集成电路黑白电视机的调试	(252)
9.3.6	多用电子铃电路	(257)
9.3.7	防盗语言报警器	(258)
9.3.8	万能电子调节电路	(259)
9.3.9	公共汽车自动报站器	(260)
第四节	实习报告书	(262)
	参考文献	(263)

第一章 常用电子仪器

第一节 示波器

示波器(Cathode Ray Oscilloscope, CRO, 阴极射线示波器)是一种利用电子射线束的偏转把两个互相关联的电参量表现为 X 、 Y 坐标图形的仪器。通常,在其水平偏转系统(亦称为 X 轴系统或 X 轴信道)加上一个与时间成正比的锯齿波电压信号,而在垂直偏转系统(亦称为 Y 轴系统或 Y 轴信道)加上被测电压信号,它就能把人眼不能直接看见的电信号的变化规律,以可见的波形在荧光屏上形象地显现出来,这就是“示波器”名称的由来。

示波器的用途十分广泛,它不仅能测定连续电信号的幅度、周期、频率和相位,而且还能测定脉冲信号的各种参数。如果在结构上稍加扩展,它就能方便地组成晶体管图示仪、扫频仪和各种用途的雷达等。如果借助于各种传感器,示波器还可以用来测试各种非电量,如温度、压力、速度、振动、声、光、电、磁效应等。

示波器的发展趋势是高带宽、高精度、高性能价格比、多品种、多功能、多通道及智能化(如具有 CRT 数字读出功能和 ΔV 、 ΔT 的光标测量功能等)。

示波器的种类繁多。按其用途大体可分为:

(1) 通用示波器(General Purpose Oscilloscope)

利用一个或多个电子束的偏转来产生一个表示各种变量(通常有一个变量是时间)的瞬时值或其函数图像的普通示波器。

(2) 存储示波器(Storage Oscilloscope)

通过一种除荧光屏的正常余辉之外的手段来保存信息的示波器。有模拟存储示波器(Analog Storage Oscilloscope)、数字存储示波器(Digitizing Storage Oscilloscope)等。其中数字存储示波器就是一种先将被测模拟信号进行模/数变换转换成数字信号,经过微处理机存储、处理,最后再恢复成模拟信号进行显示的一种示波器。

(3) 取样示波器(Sampling Oscilloscope)

利用信号取样,并能根据获得的样本构成相关显示的示波器。

(4) 特殊示波器(Specific Oscilloscope)

具有专门用途的示波器。有波形监视器(Waveform Monitor)、图示仪(Tracer)、矢量示波器(Vector Oscilloscope)等。

其中逻辑分析仪(Logic Analyzer)亦称为逻辑示波器,它是计算机、数字仪器、数字通信设备和数字系统的重要测试工具。

1.1.1 基本组成

如图 1.1 所示,通用示波器的基本组成有示波管、 X 轴系统、 Y 轴系统、 Z 轴系统和电源五个部分。不同型号的通用示波器只是五个部分的复杂程度不一,功能多少不同或在此基础上附加一些装置而已。

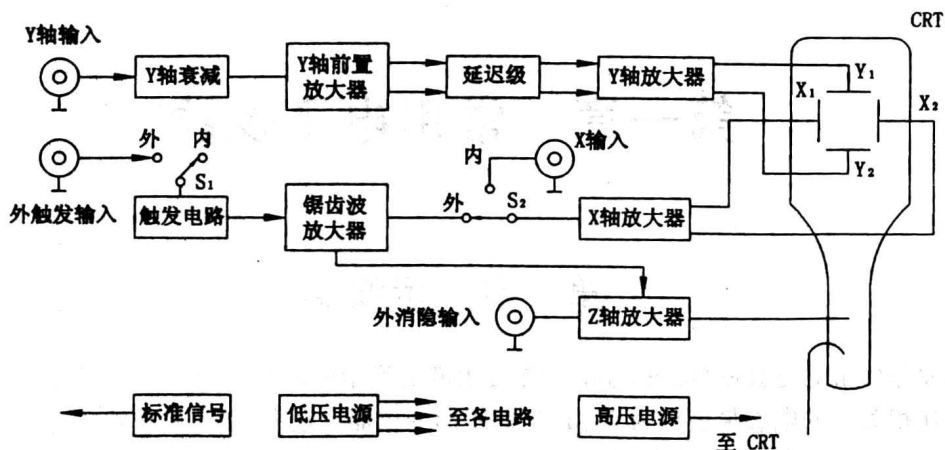


图 1.1 通用示波器的基本组成

1. 示波管(Cathode Ray Tube, CRT)

示波管由电子枪、偏转系统和荧光屏三部分组成。如图 1.2 所示。

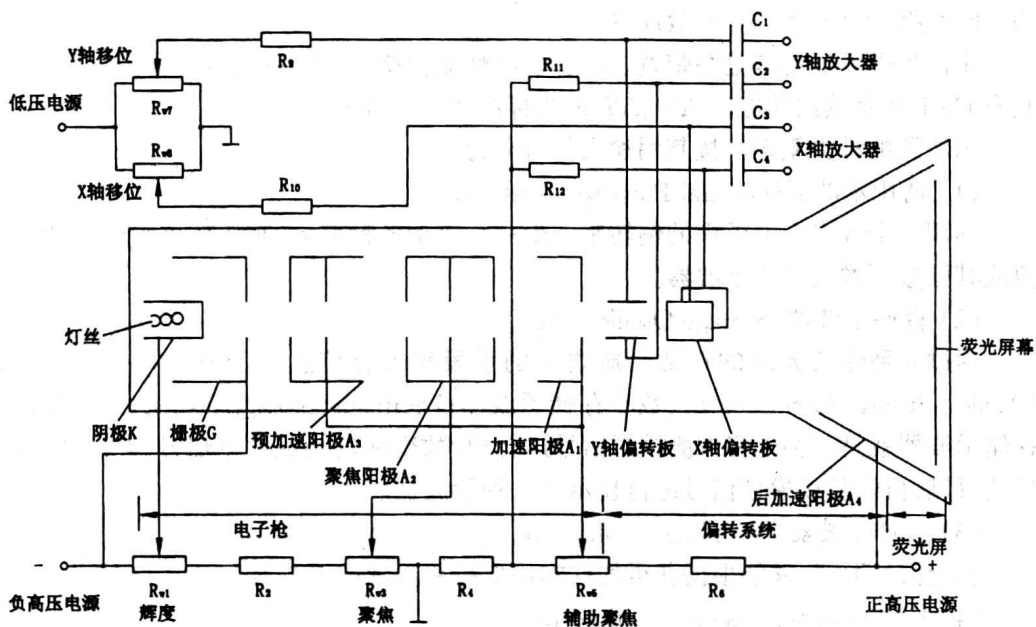


图 1.2 示波管及其直流供电电路

电子枪名称的由来是因 CRT 枪形结构发射出来电子的运动轨迹类同于子弹由枪膛打出来的轨迹。它由热阴极 K (Thermioni Cathode)、控制栅极 G (Control Grid)、预加速阳极 A_3 (Preaccelerating Anode)、聚焦阳极 A_2 (Focusing Anode) 和加速阳极 A_1 (Accelerating Anode) 组成。它的任务是通过静电聚焦产生一束很细、且有一定速度的电子流 (Beam Current)。灯丝加热使阴极产生大量的电子,其密度受相对于阴极为负电位 (约 $-30 \sim -50V$) 的控制栅极控制。预加速阳极与加速阳极为同一电位,而聚焦阳极的电位则比较低,所以两者之间存在的电

位差(约 $+300\sim+500\text{V}$)形成不均匀电场,使得电子束能沿着示波管的轴线聚焦在荧光屏上。调节电位器 R_{w1} (即前面板“辉度”INTENSITY 旋钮)能改变栅极的电位以控制到达荧光屏的电子数目,直接影响光点的亮度。调节电位器 R_{w3} (即前面板“聚焦”FOCUS 旋钮)能改变 A_2 与 A_3 、 A_1 之间电场的分布情况,直接影响电子束在荧光屏上的会聚。调节电位器 R_{w5} (即前面板“辅助聚焦 ASTIGMATISM 旋钮)可以补偿偏转板电位变化时对聚焦性能的影响,使光点在荧光屏中心及其四周尽可能成为圆形。

偏转系统由两对互相垂直并沿轴向顺序排列的金属板组成。它的任务是产生与偏转信号相应的静电场,使得电子束在其控制下运动。靠电子枪的一对垂直(Y轴)偏转板(Vertical Deflection Plates),可用来控制电子束沿垂直方向上、下运动;后一对水平(X轴)偏转板(Horizontal Deflection Plates),则用来控制电子束沿水平方向左右运动。电子束在荧光屏上偏转的距离Y(或X),分别与加在偏转板上的电压 U_y (或 U_x)成正比,其比例系数称为偏转灵敏度 K_y (或 K_x),单位为 cm/V 。在实际电路中,偏转电压的大小由电位器 R_{w7} 、 R_{w8} (即前面板“Y轴移位”VERTICAL POSITION 旋钮、“X轴移位”HORIZONTAL POSITION 旋钮)来调节。若在两对偏转板上同时加上直流电压,则光点将向电场的合力方向偏移。为了兼顾偏转灵敏度高和记录速度高两方面的要求,偏转系统采用了“先偏转,后加速”的办法,即电子束先以较低的速度通过偏转板后,再由后加速阳极(相对于 A_2 有 $+1\,000\sim+1\,500\text{V}$ 或更高)进一步加速后轰击荧光屏。

荧光屏是在玻璃壳内壁涂上荧光粉而制成的。它的任务是接受高能电子束的轰击,产生辉光并保留余辉以显示被测信号的波形。由于荧光粉的成分各异,所以,发光的颜色及其余辉时间也因此而不同。人们通常都选用人眼最敏感的黄、绿、蓝三种颜色。荧光粉从激发停止时的瞬间亮度下降为该亮度的10%所经过的时间称为余辉时间。按其长短可分为长余辉($100\text{ms}\sim 1\text{s}$)、中余辉($10\text{ms}\sim 100\text{ms}$)和短余辉($10\mu\text{s}\sim 10\text{ms}$)。通用示波器一般选用中余辉示波管,慢扫描示波器则选用长余辉示波管。值得指出的是高能电子束轰击荧光屏时,它的动能只有一部分转变为光能,而大部分转变为热能。所以,在使用示波器时,要特别注意适当调节亮度,同时切忌光点长期停在某一位置上,造成该点的荧光粉过热而失去发光性能,影响示波管的使用寿命。

2. Y轴系统(Vertical Deflection System)

Y轴系统是被测信号的主要通道,由Y轴衰减器(Compensated Attenuate)、Y轴前置放大器(Preamplifier)、Y轴放大器(Vertical Amplifier)延迟级(Delay Stage)及专门配置的高频探头(Probe)组成。

由于示波管的偏转因数(Deflection Factor)较低(约为 $10\text{V/cm}\sim 20\text{V/cm}$),所以被测信号需经Y轴放大器放大后再加到Y轴偏转板,以提高示波管的Y轴偏转因数。对于幅度较大的被测信号,为了保证显示不失真,设置了Y轴衰减器以适应被测信号在大范围内的变化。Y轴衰减器实际上是由若干个RC电压分压器组成,它的衰减量和Y轴放大器的增益,可以通过示波器面板上的“Y轴衰减”和“Y轴增益”旋钮分别予以调节(或由前面板的“伏特/间隔”VOLTS/DIV 旋钮进行调节)。

Y轴系统的耦合方式分为直流耦合(DC)和交流耦合(AC)两种。交流耦合可以隔去被测信号中的直流分量,便于观测高直流电平上迭加的微弱的交流信号(如观测直流稳压电源输出端的纹波电压等)。但观测含有直流分量的脉冲信号时,由于直流分量被滤去,不能真实地反

映脉冲波形各点的电平,如图 1.3 所示。所以在观测脉冲波形时,一般应选用直流耦合方式。

改造了 Y 轴系统控制电路的“双踪示波器”(Dual Trace CRO)或换用了双电子枪示波管的“双线示波器”(Dual-beam CRO)就可以

同时观测和比较两个信号。双踪示波器所用的普通示波管只有一个电子枪,它通过电子开关(Electronic Switch)的作用,使一个 Y 轴通道交替工作,发挥出二个通道的效果,所以能同时观测两个相关的信号。值得指出的是,它的两支探头是“共地”的

(即共用一个接地端 GND),所以要求两个被测信号源必须有公共端。而双线示波器的双枪示波管有两个电子枪,有两个独立的 Y 轴通道,因此,可分别独立观测两个不同的信号。

延迟级(亦称延迟线 Delay Line)的作用就是延缓被测信号到达示波管垂直偏转板,使之能与加到示波管水平偏转板的扫描信号“同时”抵达,保证被测信号波形能如实地重现在荧光屏上。因为扫描信号的产生是由被测信号去触发的,需要一段时间。

探头(Probe)结构及其等效电路如图 1.4 所示。图中 R_i 、 C_i 为示波器输入电阻与输入电容。通过调整 C_1 ,使得 $R_1 C_1 = R_i C_i$,电容 C_1 、 C_i 的影响能够相互抵消,从探头端部看进去的

输入电阻 $R = R_1 + R_i$ 变大,输入电容 $C = \frac{C_1 C_i}{C_1 + C_i}$ 变小。则探头与示波器输入端变成分压比为 10:1 的宽频带脉冲分压器,即被测信号通过探头时有 10:1 的衰减,当然整个示波器的灵敏度也相应下降到原来的十分之一。所以使用探头可隔离被测信号源与示波器,测量较高电压信号;可避免杂散信号的干扰;可提高 Y 轴系统的输入阻抗,减少对被测信号源的影响;可减少示波器输入电容和测量引线分布电容对被测脉冲波形的影响。注意:探头与示波器是配套使用的,不能随便换用,否则会增加分压比误差或导致补偿不当。

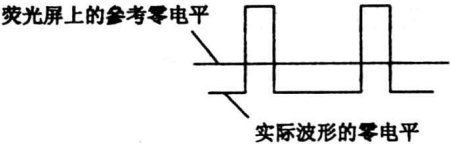


图 1.3 采用交流耦合时所显示的脉冲波形

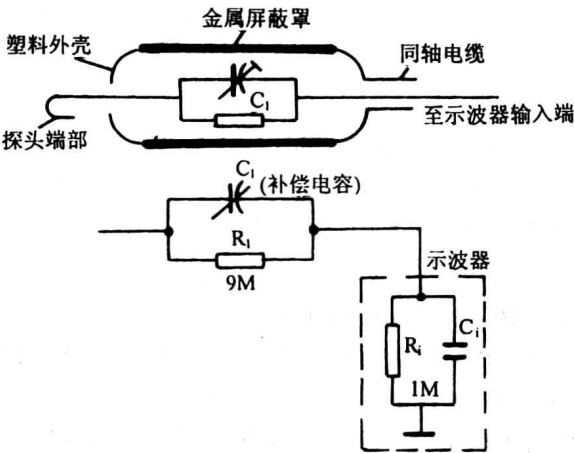


图 1.4 探头结构及其等效电路

3. X 轴系统(Horizontal Deflection System)

X 轴系统由 X 轴衰减器(Compensated Attenuate)、X 轴放大器(Horizontal Amplifier)组成,可以适应大小不同的输入电压。其衰减量与增益可由示波器前面板的“X 轴衰减”和“X

轴增益”旋钮分别予以调节。X 轴放大器的输入既可以内引“锯齿波发生器”的输出,又可以外接“X 输入”的信号。X 轴放大器的输出直接送至示波器的 X 轴偏转板上。

锯齿波发生器用来产生频率可调的、幅值与时间呈线性关系的锯齿波信号,此信号经 X 轴放大器放大后加于 X 轴偏转板作为扫描信号。锯齿波的频率可由示波器前面板上“扫描范围”(或是“时间/厘米”或是“时间/间隔 TIME/DIV”与“扫描微调”两个旋钮来控制。

示波器的扫描方式分为“连续扫描”(Continuous Sweep)和“触发扫描”(Triggered Sweep)两种。“连续扫描”时,锯齿波发生器处于自激振荡状态,无论 Y 轴系统是否有被测信号加入,总是连续不断地产生锯齿波。其波形如图 1.5(b)所示,它适于用来观测正弦波、方波等信号,以及寻找与确定扫描基线。

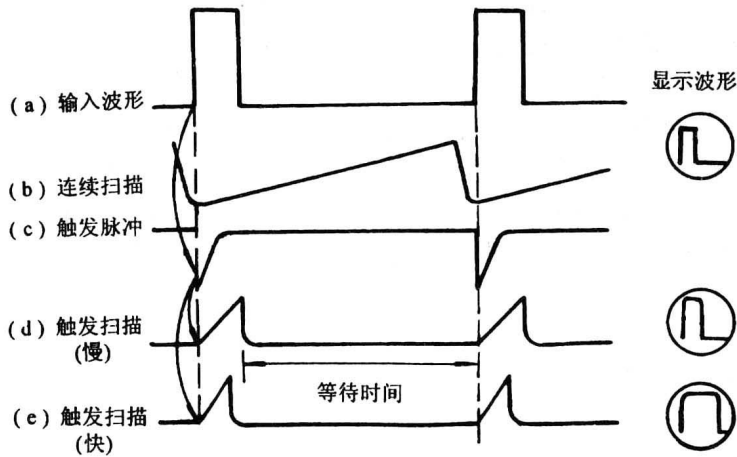


图 1.5 不同扫描方式和速率时的波形显示情况

“触发扫描”时,锯齿波发生器处于它激振荡状态,只有在触发信号源的激励下才开始扫描。完成一次扫描后即处于等待状态,直到下一个触发脉冲到来才再次被激励,进行另一次扫描。波形如图 1.5(d)所示。它适于用来观测脉冲波形。只要恰当地调节“扫描速率”SWEEP RATE 旋钮和“触发电平”TRIG LEVEL 旋钮就可以有选择地观测到被测波形的局部,而且锯齿波的上升速度(即扫描速率)不同时,显示的波形也会不同。如图 1.5(d)、(e)右边所示。

为了进一步理解“触发扫描”的工作原理,根据电路的功能,可将其划分成“触发脉冲电路”(Trigger Circuit)和“锯齿波发生器”(Ramp Generator)两个部分。“触发脉冲电路”的任务是在触发信号的控制下适时地产生触发脉冲,如图 1.5(c)所示。“锯齿波发生器”的任务是在触发脉冲的作用下即时产生锯齿波。

触发信号源有三种:来自示波器 Y 轴系统的内触发信号;来自示波器 Y 轴系统的待测的电视场信号;来自“X 外触发”输入端口的外触发信号。它们经开关 S_1 选择后送入“触发脉冲电路”。

4. Z 轴系统(Z Axis System)

Z 轴放大器的输入方式可以引入扫描发生器的输出或由 Z 轴输入插座引入外消隐信号经 Z 轴放大器放大后送至示波管的栅级,使屏上显示波形状态最佳以利观察。

5. 电源(Power)

示波器的电源系统将分别提供示波管显示电路所需高压直流电压和各级电路所需的低压

直流电源等。

校准信号发生器产生一个幅度与频率准确的矩形波作为探头校正信号(Probe Calibration Signal 缩写 CAL,通常频率为 1kHz,幅度为 1V 或 0.6V),用以校准示波器的 Y 轴灵敏度、X 轴扫描速率的刻度和调整探头补偿。

1.1.2 显示原理

由静态偏转工作原理可知,若示波管偏转板间加上直流电压,荧光屏上光点的位置就要偏移中心点,其偏移距离的大小则由偏转灵敏度决定。通过“Y 轴移位”或“X 轴移位”可使光点在荧光屏的有效范围内移动。在 Y 轴偏转板和 X 轴偏转板未加电压时,在荧光屏上选一个合适的起始点即零点,然后分别加上正弦波信号电压和锯齿波电压,光点则从此起始点开始变化,最终能在荧光屏上成功显示被测信号波形。

时间波形显示原理可从以下三步获知:

(1) X 轴偏转板间未加电压, Y 轴偏转板间加正弦波信号电压

当 Y 轴偏转板间加上随时间正弦变化的信号电压时,二板之间的电场也是随时间按正弦规律变化的。由于 X 轴偏转板间未加电压,所以示波管电子枪产生的电子束的偏转程度和方向仅仅只受到垂直方向电场强度大小变化的影响。设图 1.6(a)中荧光屏上光点的起始位置为 0 处,从 0-1-2-3-4-5-6-6-7-8,尽管电子束的偏转也是按正弦规律变化的,但是在荧光屏上最终显示的还只是一条垂直线段。

(2) X 轴偏转板间加锯齿波电压, Y 轴偏转板间未加电压

当 X 轴偏转板间加上随时间线性变化的锯齿波电压时,二板之间的电场是随时间线性变化的。由于 Y 轴偏转板间未加电压,所以电子束只是受水平方向的电场变化的影响。设图 1.6(b)中荧光屏上光点的起始位置是 0 处,然后随着时间的推移从左到右重复移动,0-1-2-3-4-5-6-6-7-8,最终在荧光屏上形成一条水平线段。

通常,我们将这条水平线段看做“X 轴”。正是因为这条水平线段的形成是光点在与时间呈线性关系的锯齿波电压作用下“扫描”的结果。所以,我们将锯齿波电压称为“扫描电压”。正是因为这条水平线段与时间呈线性关系,可作为观测各种信号电压波形的“时间基准”。所以,我们称之为“时基”或“水平扫描基线”。

(3) X 轴偏转板间加锯齿波电压, Y 轴偏转板间加正弦波信号电压

当 X 轴、Y 轴两对偏转板同时加上电压时,显然,电子束的偏转将同时受到水平方向、垂直方向电场分布的影响。荧光屏上的光点又将如何移动呢?可见图 1.6(c)。

当 $t=0$ 时,两对偏转板上所加电压均为零,光点处在起始位置 0 处,即荧光屏上 X 轴最左端。

当 $t=1$ 时,两对偏转板均加有电压,相对而言 X 轴偏转板中 X_1 为负, X_2 为正;而 Y 轴偏转板中 Y_1 为正, Y_2 为负。显然电子束受到如此电场分布的影响会向屏的右上方偏转,在 1 处形成光点。其实,我们也可以换一个角度来理解,当 $t=1$ 时,光点 1 的位置,可以参照上述 (1)、(2) 所表述的情况共同来确定。

当 $t=2$ 时,可以确定光点 2 的位置。依此类推,可以确定光点“3”、“4”…直至“8”的位置。

由于整个“扫描”过程足够快,且由于示波管荧光粉的余辉作用,所以上述过程中依时间先

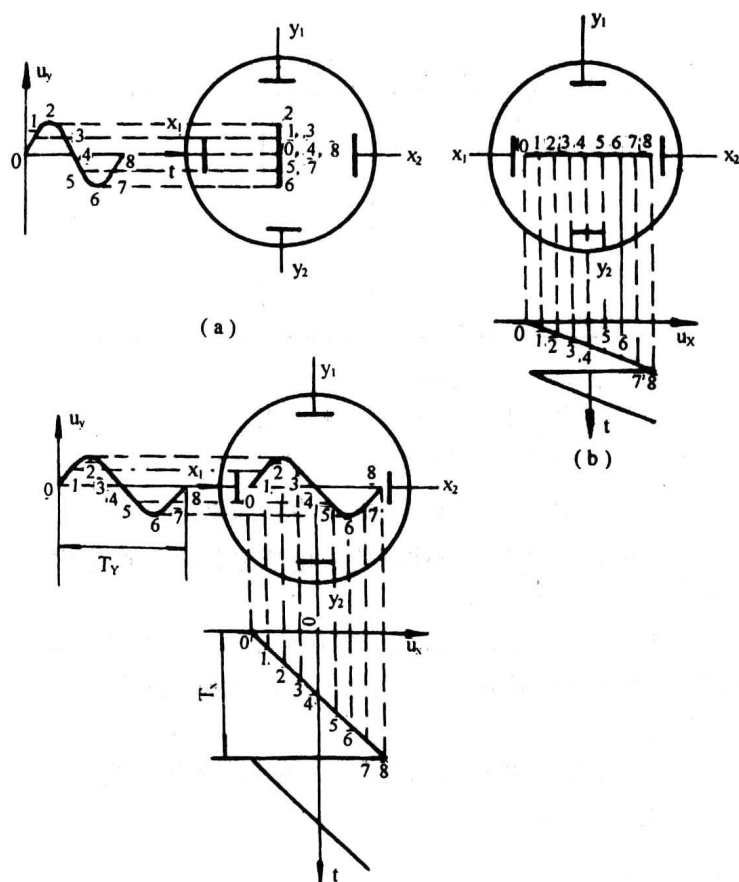


图 1.6 时间波形显示原理图

后分别确定的光点,在荧光屏上显示的结果却是一个完整的正弦波形。

如图 1.6(c)所示,两对偏转板间所加电压的周期是相同的,即 $T_X = T_Y$ 。所以,当 Y 轴、X 轴偏转板所加电压同时都完成了一个周期时,则“扫描”出第一个正弦波形。此时,光点“8”在扫描电压很快回到零的作用下,便很快回到“0”处,紧接着又开始按照 X 轴、Y 轴偏转板分别所加电压的第二个周期的变化“扫描”出第二个正弦波形,并且与第一个正弦波形“重合”。如此往复,所以荧光屏上显示的是一个稳定而完整的正弦波形。如果 $T_X = T_Y$ 。则荧光屏上显示的就是 N 个稳定而完整的正弦波形。

显然,上述所显示一个完整而稳定的信号波形的前提条件是 $T_X = T_Y$ 。若要求在荧光屏上显示出 N 个完整而稳定的信号波形,则必须使锯齿波的周期 T_X 等于被测信号周期 T_Y 的整数倍,我们称之为“同步”;即

$$T_X = NT_Y \quad N = 1, 2, 3 \dots$$

N 不为整数时,将会使显示波形向左或向右移动。例如,当 $N < 1$ 时,即 $T_X < T_Y$,荧光屏上的波形向右移动,如图 1.7 所示。我们称之为“不同步”。

为了实现信号波形的稳定显示,必须用被测信号或用与被测信号相关的其他信号去控制锯齿波发生器,迫使 T_X 在一定范围内自动跟踪 T_Y ,并与之严格保持整数倍关系。这就是示波器中所谓的“同步”(或称“整步”)。“同步”(SYNC SELECTOR)通常有三种方式:

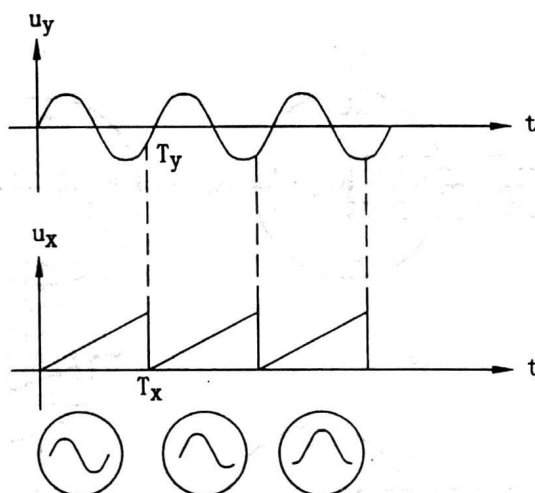


图 1.7 波形显示的“不同步”现象

内同步(INT) 从 Y 轴放大器中取出被测信号电压来控制所产生锯齿波的周期。一般都采用这种同步方式。

外同步(EXT) 通过“同步(整步)输入”接线端从外部取出一个信号电压来控制所产生锯齿波的周期。这个周期应与被测信号周期成整数倍关系。用单线示波器测两个相关波形的相位时应采用这种同步方式。

电源同步(LINE) 从电源变压器中取出 50Hz 交流电压来控制所产生锯齿波的周期。通常用来测量与电源频率相关的信号。

1.1.3 合理选用

示波器的合理选用通常从被测信号特性以及示波器性能所能适应的范围两个方面综合考虑。

1. 根据被测信号特性选择

示波器选择简例可见表 1.1。

2. 根据示波器的性能选择

表征示波器的性能指标较多,一般只考虑与不失真重现被测信号波形相关的主要几项指标。其中以“频带宽度”和“扫描速度”尤为重要。

(1) 频带宽度(Band Width)

其数值大小决定了示波器能不失真地观测周期性连续信号的最高频率或脉冲信号的最小宽度。基本条件之一是 Y 轴系统有足够的带宽。一般所选示波器的频带宽度应等于被测信号最高频率的三倍以上。若被观测脉冲信号的上升时间为 t_r ,则要求 Y 轴系统通频带 BW 应满足:

$$t_r \cdot f_H = 0.35$$

式中 t_r 为示波器 Y 轴系统的阶跃响应上升时间,单位为 μs ;

f_H 为示波器 Y 轴系统通频带 BW 的上限频率,单位 MHz。

例如已知 SR8 型示波器 Y 轴系统通频带上限频率 f_H 为 15MHz,求得 $t_r = 0.023\mu\text{s}$ 。因此被测脉冲信号上升时间或下降时间在 $0.1\mu\text{s}$ 量级以下时,选用 SB8 型示波器就毫无意义。

(2) 扫描速度(Sweep Rate)

其定义为光点水平位移的速度,其单位为 cm/s 或 div/s 。示波器的最高扫描速度决定了信号波形在荧光屏上水平方向展开的能力。观测不同频率的信号,必须采用不同的扫描速度。对同一台示波器而言,希望扫描速度范围宽一些为好,这样既具有展开高频信号或窄脉冲信号的能力,又可以观测低频缓慢变化的信号。

(3) 偏转灵敏度(Deflection Sensitivity)

其定义为单位输入电压作用下,光点在荧光屏上偏移的距离,单位为 cm/V 或 cm/mV 。其大小反映了对被测信号展开的能力。这一定义同样适用于 Y 轴系统和 X 轴系统。

表 1.1 示波器选择简例

被测信号特性	类型	型号	通道
频率不高的一般正弦波或其他周期性重复信号	通用	XT4210 QW4210	1
		SBR8 SS-7802	2
非周期性信号或窄脉冲信号	宽带	SBM-10B SBM-14	1
		QW4310 V212	2
快速变化的周期性信号(大于 300MHz 的正弦波或纳秒级的脉冲信号)	取样	SQ-12A SQ27	2
快速变化的非周期性信号	高速	DC4330	2
低频缓慢变化的信号	低频	SBD-1	1
		TD4651	2
两信号波形相互独立	双线	SBR-1 SR46	2
同时观察多个被测信号	多通道	YB4331	3
		SR2 SS5711	4
		HH4370A(COS6100)	5
突出显示被测信号的局部	双时基	GCH7	2
		XJ4362	2
		SR72	2
存储信号波形以便分析研究	记忆数字存储	STT	2
		HH4441	2
特殊信号	专用示波器	SR-37A(波形监视器) SG-1(电生理示波器)	

偏转灵敏度的倒数称为“偏转因数”,单位为 V/cm 、 mV/cm 或 V/div 、 mV/div 。因习惯用法和测量电压幅度的读数方便,人们通常把偏转因数看作为偏转灵敏度。

一般应根据被测试的最小信号来确定被选用示波器应具有的最高偏转灵敏度(或最小偏转因数)。

(4) 输入电阻和输入电容(Input Resistor and Input Capacitor)

这两个参数是选用示波器的重要因素。为了不影响被测试电路的工作状态,应选用输入电阻高的示波器。为了观测上升时间短的矩形脉冲,则应选用输入电容小的示波器。