



普通高等教育“十五”国家级规划教材

现代电子线路 和技术实验 简明教程

孙肖子 田根登 徐少莹 李要伟

高等教育出版社



普通高等教育“十五”国家级规划教材

现代电子线路和技术实验

简 明 教 程

孙肖子 田根登
徐少莹 李要伟

高等教育出版社

内容简介

本书共分七章。第1章基本测试原理及基础测试仪器简介；第2章电子电路实验方法及误差分析；第3章电子线路和技术设计与实验的常用EDA工具；第4章模拟电子线路与技术基础实验；第5章数字电子技术与线路基础实验；第6章通信电子线路基础实验；第7章综合、设计、应用型实验；附录介绍常用的电子元件、电子器件和自主开发的实验设备。各章均给出了若干设计和实验的例子并分基本命题和扩展命题，将部分实验指导书改为任务书，为自主学习、发挥个性和创新性留有空间。

本书可作为通信、电子信息、测控、自动控制、电气信息等专业的大学本、专科学生的电子线路和电子技术实验教材和参考书，也可以作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代电子线路和技术实验简明教程/孙肖子等著.

北京: 高等教育出版社, 2003.12

ISBN 7-04-013042-4

I. 现... II. 孙... III. 电子电路-实验-高等学校-教材 IV. TN710-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第098376号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 廊坊市科通印业有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 24.25
字 数 450 000

版 次 2004年1月第1版
印 次 2004年1月第1次印刷
定 价 27.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

实践是工程最本质的属性,是检验真理的标准。在 21 世纪初叶的高等教育改革和培养人才的整个过程中,“实践”占据极为重要的地位。经过几年的努力,理论课教学改革的教材建设有了很大的进展,但因受到诸多因素的制约,实验改革和实验教材的建设相对滞后。大部分学校没有比较系统的、完整的实验教材,提供给学生的仅是一本很简单的实验讲义或实验指导书。学生只要按照讲义规定的步骤去做,不需要多动脑子,便可完成实验,因此收效较少,一定程度上扼制了广大学生的创造性和个性的发挥。之所以长期维持这种状况,是因为存在错觉和误区,即认为离开实验室现有的具体仪器和实验板无法写实验教材,而各实验室的仪器和实验板又不尽相同,即使写出来也无法通用。

在教育部国家电工电子教学基地建设和高等理工科教育教学改革项目“现代电子技术实验教学模式研究与实践”的推动下,我们以极大的热情尝试着写这本实验教材,希望该教材的出版有助于实验教学的改革和进步。

一、本教材的定位

我们对新的实验教学体系进行了总体构架和顶层设计,将整个实验分为四个层次,即基础实验层;提高设计层;综合应用开发层;课外科技活动层。

本教材定位在第一个层次——基础实验层。结合“模拟电子技术基础”,“数字电子技术基础”,“通信电子线路”三门理论课,独立设置“现代电子线路和技术实验”课,4~6 学分。通过该课程的教学,加强基础,开阔视野,学习基本的实验技能,培养科学严谨的工作方法和作风。本课程不涉及可编程器件及单片机 CPU 等内容,后者有专门的课程和教材。

二、本教材特点和意图

1. 摆脱过多地介绍具体仪器型号及其面板功能,希望通过基本的通用的测试原理的学习使读者掌握基础仪器的使用和测试技术。仪器介绍面有所扩大,包括时域、频域、数据域的数字基础仪器。

2. 将现代电子设计自动化技术(EDA)引入电子线路与技术实验。介绍了 Electronics Workbench, Multisim、OrCAD、Protel 99 四种 EDA 软件,在做硬件实验前必须用其中的一种 EDA 工具来完成实验电路的计算机仿真。在综合应用开发实验中也必须完成一个 PCB 图的设计。

3. 将实验内容和要求分为“基本命题”和“扩展命题”，将部分指导书改为任务书。尽量做到因材施教，分流培养。减少验证性实验，增加设计性、综合性实验，留出发展个性和创新的空间。

4. 多一点启发，多一点引导，多一点设计和实验举例，多一些思路上的提示。

5. 自主开发实验设备与测试仪器，为实验改革创造条件。

为实现以上改革意图，我们自主开发了一些实验设备和测试仪器，例如将模拟和数字实验板以元、器件库的形式提供一个实验平台，可自己设计和搭建实验电路。又如自主开发的32通道和48通道逻辑分析仪，可代替昂贵的台式逻辑分析仪，使数据域测试成为可能。

本书共分七章，三个附录。其中第1章、第3章（3.1、3.2、3.3节）、第7章由孙肖子老师编写，第3章（3.4节）由任爱峰老师编写，第4章由田根登老师编写，第2章、第5章由徐少莹老师编写，第6章由李要伟老师编写。附录A由刘德刚老师编写，附录B、附录C由田根登、徐少莹、李要伟老师共同编写。孙占彪老师参与了教材讨论并提供了部分材料。孙肖子老师负责规划教材的总体框架结构和统稿、田根登老师负责部分章节的统稿。

西安交通大学邓建国教授在百忙中审阅了全书并提出了许多十分宝贵的建议和修改意见，对保证书稿质量起了很大的作用。邓成、闫卫利、冯涛等老师和同学对本书的编排给予了许多帮助。在此，对给予我们帮助的所有老师和同学们表示最衷心的感谢。

由于水平与时间的限制，本书必有许多不妥之处，望广大同学、老师以及尊敬的读者给予批评指正。

编者

2003年6月于西安

目 录

第1章 基本测量原理及基础测试仪器简介	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 示波器	(2)
1.2.1 模拟示波器原理及基本结构	(2)
1.2.2 数字存储示波器	(13)
1.2.3 示波器的使用要点	(17)
1.3 信号源	(20)
1.3.1 低频信号源	(20)
1.3.2 高频信号源	(23)
1.4 频率特性测试仪(扫频仪)	(25)
1.4.1 扫频仪测量频率特性的工作原理	(26)
1.4.2 扫频仪的实现方法及简单结构	(26)
1.4.3 扫频仪的主要可调参数	(27)
1.5 晶体管特性图示仪	(28)
1.5.1 功能	(28)
1.5.2 原理	(28)
1.5.3 使用举例	(29)
1.6 逻辑分析仪	(32)
1.6.1 逻辑分析仪的功能	(32)
1.6.2 逻辑分析仪的工作原理	(33)
1.6.3 逻辑分析仪的主要指标	(34)
1.6.4 典型仪器介绍	(35)
第2章 电子电路实验方法及误差分析	(40)
2.1 电子电路实验方法	(40)
2.1.1 实验规则	(40)
2.1.2 电路调试中应注意的问题	(41)
2.1.3 检查故障和排除故障的一般方法	(43)
2.2 误差分析与数据处理	(44)
2.2.1 测量误差的表示方法	(45)

2.2.2 误差的来源与分类	(47)
2.2.3 误差的合成	(48)
2.2.4 测量数据的处理	(50)
第3章 电子线路和技术设计与实验的常用 EDA 工具	(54)
3.1 计算机仿真软件 Electronic Workbench 简介	(55)
3.1.1 EWB 的主窗口及工具栏	(56)
3.1.2 电原理图的输入与绘制	(56)
3.1.3 EWB 中的测试仪表	(59)
3.1.4 EWB 的电路分析功能	(64)
3.2 Multisim 2001 软件简介	(71)
3.2.1 Multisim 2001 的主窗口及工具栏	(71)
3.2.2 Multisim 2001 元、器件库	(71)
3.2.3 Multisim 2001 的仪表库	(79)
3.2.4 Multisim 2001 的分析功能	(84)
3.3 OrCAD 使用简介	(86)
3.3.1 OrCAD/Capture 的窗口	(87)
3.3.2 电路模拟过程	(88)
3.3.3 电路图的生成	(89)
3.3.4 电路图的绘制	(90)
3.3.5 电路特性分析	(91)
3.4 Protel 99SE 软件简介	(102)
3.4.1 原理图设计	(102)
3.4.2 印制电路板 (PCB) 设计	(114)
第4章 模拟电子线路与技术基础实验	(122)
4.1 单级及多级阻容耦合放大器实验	(122)
4.2 负反馈放大器	(131)
4.3 差分放大器实验	(134)
4.4 集成运算放大器应用实验	(142)
4.5 功率放大器实验	(153)
4.6 直流稳压电源的实验	(157)
第5章 数字电子技术基础实验	(165)
5.1 数字电子技术设计概述	(165)
5.2 组合逻辑研究 (一)	(166)
5.3 组合逻辑研究 (二)	(173)
5.4 集成触发器	(178)

5.5 计数器及其应用研究	(181)
5.6 移位寄存器及其应用	(189)
5.7 脉冲波形的产生与整形	(191)
5.8 序列码发生器及序列码检测器的设计与实验	(196)
5.9 发光二极管点阵显示器的应用	(199)
5.10 十字路口交通灯自动控制器的设计与实验	(204)
5.11 时钟控制器的设计与实验	(205)
5.12 8路彩灯移存型控制器的设计与实验	(207)
5.13 D/A 及 A/D 转换器实验	(208)
第6章 通信电子线路基础实验	(213)
6.1 小信号调谐放大器实验	(213)
6.2 LC 正弦振荡器实验	(220)
6.3 变容管调频电路和鉴频器实验	(226)
6.4 模拟乘法器应用实验	(233)
6.5 二极管检波器实验	(241)
6.6 集成锁相环应用实验	(248)
6.7 高频功率放大及高电平调幅实验	(260)
6.8 小功率调频制高频发射机/接收机的设计与实验	(268)
6.9 小功率调频制高频发射机/接收机的设计与实验	(273)
第7章 综合、设计、应用型实验	(277)
7.1 综合设计实验指南	(277)
7.2 综合设计实验举例	(280)
7.2.1 设计、装配、调试一个检测、显示、报警、传输心电信号的子系统电路 ..	(280)
7.2.2 电压超限指示和报警电路的设计与实验	(300)
7.3 综合、应用、设计实验若干命题	(303)
7.3.1 变速风扇控制器设计与实验	(303)
7.3.2 电容测试仪的设计与实验	(305)
7.3.3 R、C、L 多功能测试仪的设计与实验	(310)
7.3.4 设计并实现一个锁定放大器	(313)
7.3.5 设计和实验一个雷达距离 (A/R) 显示器的数据采集时钟电路	(320)
7.3.6 设计和实现一个函数发生器电路	(322)
7.3.7 数字相位计设计与实验	(325)
7.3.8 多功能数字钟的设计与实验	(327)
7.3.9 多路数据巡回采集电路设计与实验	(330)
* 7.3.10 简易无线电遥控系统设计与实验	(332)

附录 A 常用分立元器件简介	(336)
附录 B 常用集成电路简介	(348)
附录 C 自主开发实验装置简介	(371)
主要参考文献	(377)

第 1 章

基本测量原理及基础测试仪器简介

1.1 概述

测量技术是一门综合性的技术，其理论和技术涉及面很广，测试仪器也层出不穷。在使用测试仪器时可以不深入了解仪器的内部工作原理，但为了有效地使用测试仪器，保证测试结果的可信度和可靠性，了解最基本的测量原理，掌握基础仪器的使用技能还是必须的。

本章不准备让读者只记住“按这个开关，转那个旋钮”，因为开关和旋钮的位置及作用会随着时间的推移、厂家的不同、仪器的不同而变化，不同的设计和改进，会使仪器各具特色。本章仅提供给读者有关测试仪器的背景知识，讲述共同的、基本的测量原理和使用要素。掌握了这些最富共性的、规律性的东西，无论出现什么新的仪器，读者都能够自主学习和使用。

测试仪器的种类很多，从其测试内容而言，有频域、时域、数据域和调制域四类。

① 时域测试仪器主要用来观测信号的波形、电路的瞬态过程及特性，测量信号的幅度、时间间隔、重复周期、脉冲宽度、上升时间和下降时间、顶部降落等，其代表性仪器是示波器。

② 频域测试仪器（测量参数多表现为频率的函数）主要用来观测电路和系统的频率响应（振幅频率响应和相位频率响应），用于信号的频谱分析等。其代表性仪器是扫频仪（测量系统的幅频响应）以及频谱分析仪（用来分析信号的频谱成分和相位特性等）。电压表也属于频域测试仪器的一种。

示波器不仅是典型的时域测试仪器，同时也兼有频域测试仪器的部分功能，用示波器也可以测量系统的幅频特性和相频特性。

③ 数据域测试仪器是一种用来观测多通道数字信号的测试设备，其典型代表是逻辑分析仪。逻辑分析仪有 24、32、48、64、96 通道，甚至 128 通道，可同时观察多通道数字信号的时序关系，分析多通道数字信号的逻辑状态，并行采集多通道数字信号的数据，例如微处理器、存储器、A/D、D/A 的数据线和地址线信号等。与示波器不同，逻辑分析仪虽然通道多，但只能显示信号的

11354109

高低电平(0、1)关系,而不能像示波器那样显示瞬态信号的每一个细节。

④ 调制域测试仪器主要用来测量调幅、调频以及各种数字调制信号的特性参数,电路与系统的传输性能等,广泛用于通信领域的测量。

另外,信号源、电源等都是测试系统和实验中必不可少的仪器,本书将会加以介绍。

就其实现技术而言,测试仪器又有模拟式和数字式之分。随着科学技术的发展,数字化、智能化、综合化和网络化将成为测试仪器的主流技术。本章将简要介绍常用电子测试仪器的基本原则及其特点,使读者在实验中能正确、有效地使用这些仪器。

1.2 示波器

示波器无疑是当今最通用的电子测试仪器。它的主要功能是精确重现作为时间函数的瞬态电压波形。观察和测量电压信号的瞬时幅度、频率和相位。示波器属“时域”测试仪器范畴,但也兼有某些“频域”测试功能。

示波器分为“模拟”和“数字”两类,下面分别加以介绍。

1.2.1 模拟示波器原理及基本结构

示波器是用来观测信号波形的,其使用要素是:

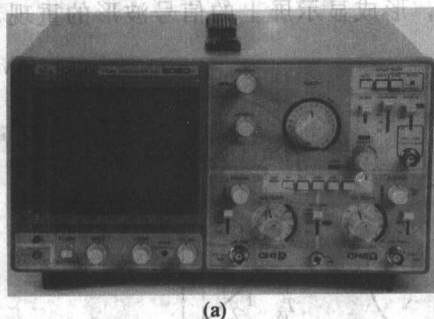
- 它能观测信号的幅度范围是多少?即示波器的灵敏度问题。
- 它能观测信号的频率范围是多少?即示波器的带宽问题。
- 怎样才能使示波器显示的波形稳定、清晰?这涉及示波器的时基、同步和触发问题。
- 怎样才能精确、快捷地测量信号的参数,诸如信号的幅度、频率、相位、任意两点之间的幅度差和时间差等等。

图1-1是两个常用模拟示波器(Analog Oscilloscope)的照片。其中(a)图是西安红华电子仪器公司的20M模拟示波器(COS5020CH);(b)图是江苏扬中电子仪器有限公司的20M模拟示波器(YB4320G)。

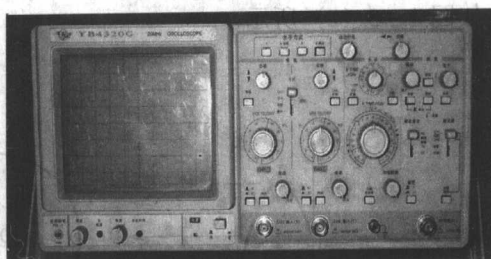
模拟示波器的简化框图如图1-2所示。从图中看出,示波器由三部分组成,即显示屏、垂直通道和水平通道。

- 显示屏:将电信息变为光信息,用来显示波形和参数,目前有阴极射线管显示屏和液晶显示屏等。根据辉度停留的时间不同,阴极射线管有“短余辉”、“长余辉”之分。在超低频示波器中,采用长余辉阴极射线管。
- 垂直通道:待测信号输入和预处理通道。用来耦合、放大、衰减和切换

(多通道输入时)被测信号。



(a)



(b)

图 1-1 模拟示波器

(a) COS5020CH 示波器 (b) YB4320G 示波器

• 水平通道：用来产生代表时间轴的扫描时基信号，并提供同步、触发信号，保证波形清晰、稳定地显示。

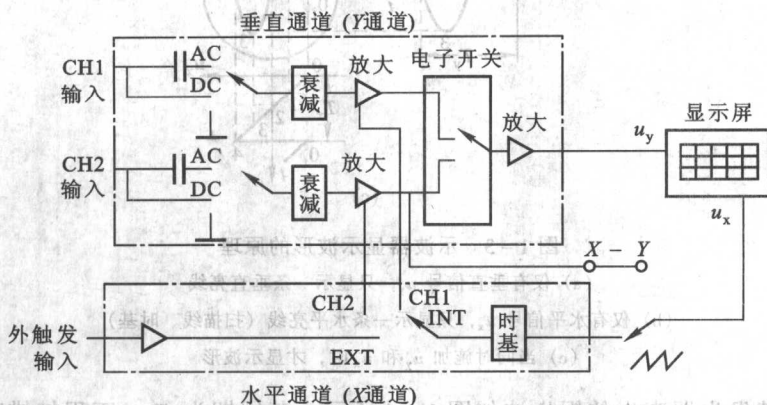


图 1-2 模拟示波器简化框图

一、时基 (Time Base)

时基即时间基线，是正确使用示波器的最重要的概念。显示屏是将电信号转换为光点位移信息而重现信号波形的。显示屏的垂直轴代表电压，水平轴代表时间，被测电压用来驱动光点的垂直位移，而一个由示波器内部“时间基线发生器”产生的、与正程时间成线性关系的锯齿波电压来驱动光点的水平位移 (如图 1-2 所示)。如果没有水平轴的锯齿波，只有垂直轴的电压信号，那么光点只有上下位移，而没有水平位移，这时，只能看到显示屏上的一条垂直亮线，如图 1-3 (a) 所示。反之，如果没有垂直电压信号，只有水平轴上的锯齿波时基信号，那么也只能看到一条水平亮线，这条线称为扫描线或时基线，

如图 1-3 (b) 所示。只要当垂直信号电压 u_y 和水平扫描时基信号 u_x 同时作用时，光点才会沿着二者的合成轨迹移动，形成显示屏上的信号波形的重现，如图 1-3 (c) 所示。

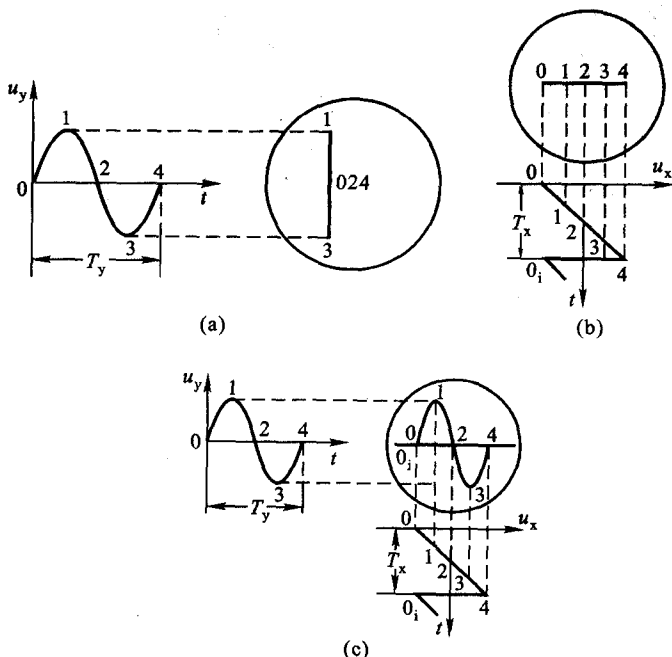


图 1-3 示波器显示波形的原理

(a) 仅有垂直信号 u_y ，只显示一条垂直亮线

(b) 仅有水平信号 u_x ，只显示一条水平亮线（扫描线、时基）

(c) 当同时施加 u_y 和 u_x 时，才显示波形

时基发生器产生的锯齿波如图 1-4 所示。其周期为 T_x ，正程扫描时间为 T_{x1} ，逆程为 T_{x2} ，且 $T_{x1} \gg T_{x2}$ 。正程期间，扫描电压从 0V 线性地增大到 U_{xm} ，相应的光点从显示屏的左端移到右端。逆程期间光点又很快地从右端返回到左端（称之为回扫线），然后开始下一个周的扫描，周而复始，形成一条代表时间变化的水平扫描线。实际示波器都会将逆程期的回扫线消隐而不予显示出来。

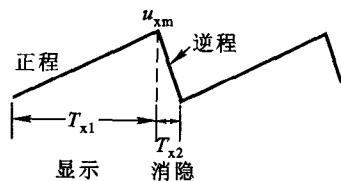


图 1-4 实际的扫描（时基）信号——锯齿波

对应同一垂直信号 (u_y)，扫描信号频率越高 (T_{x1} 越小)，光点沿水平轴移动越快，显示波形的周期数将会很少。相反，如果扫描信号频率相对于信号频率而言很低，则显示波形的周期数将会很多。直观来看，波形都“挤”在一

起,很密。为了清晰地显示信号波形,选择合适的扫描速度(即锯齿波频率)是十分关键的(如图1-5所示)。所以,无论何种示波器,都有一个调节扫描速度(即控制锯齿波频率)的旋钮,称为“时基旋钮”,通常用“Time/div”标出,它代表光点每扫过显示屏的一个分度(一格,division)所需要的时间。一般示波器从 $1\text{s/div} \sim 20\text{ ns/div}$,分成许多挡来标识。使用示波器时,一定要找到“时基旋钮”,根据被测信号频率,调节时基,使波形显示满意为止。

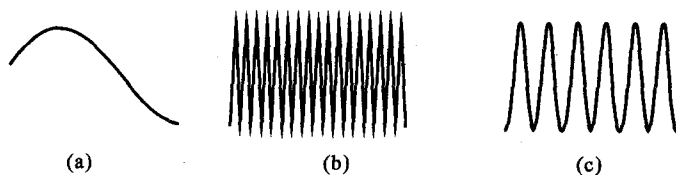


图1-5 “时基”扫描选择和波形显示

- (a) “时基”太快 (Time/div 太小), 波形显得太宽, 不完整
 (b) “时基”太慢 (Time/div 太大), 波形显得太密, 看不清
 (c) “时基”适当 (Time/div 选择正确), 波形显示清晰

如图1-5(c)所示,若时基为 $1\mu\text{s/div}$,信号一个周期占0.8格,则该信号周期为 $0.8\mu\text{s}$,频率为 1.25 MHz 。

二、触发 (Trigger)

“触发”是示波器中又一重要概念。它决定了时基信号扫描的起点时刻,保证波形的稳定显示。

如果扫描周期 T_x 与被测信号周期 T_y 成整数倍关系,即 $T_x = nT_y$,则锯齿波扫描起点相对于被测信号会重复在同一处,那么显示屏将稳定地重复显示 n 个周期的信号波形,这种状态称之为“同步”,如图1-6(a)所示。但如果 T_x 与 T_y 不成整数倍关系,或扫描起点相对于信号是随机变化的,则扫描后一个周期的起点与前一个周期是不同的,那么波形就会不断地左移或右移或滚动,甚至于混乱,此时,称为“不同步”,如图1-6(b)所示。

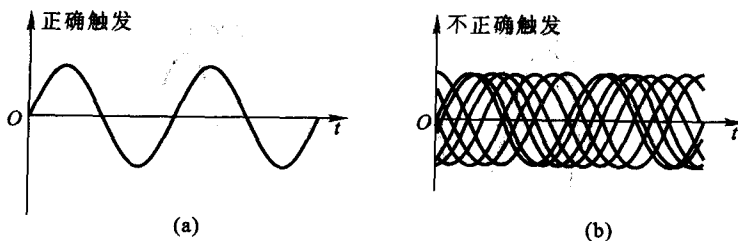


图1-6 触发、同步与波形显示

- (a) 正确触发,使波形同步稳定地显示
 (b) 非正确触发(或无触发),使波形不同步、不稳定地显示

“触发扫描”的目的就是将触发信号作用于时基发生器，来控制扫描信号的起点，强制扫描电压与被测信号同步，从而保证稳定而清晰地显示波形。

1. 触发源 (Trigger Source)

根据触发信号的来源，有“内触发”，“电源触发”和“外触发”之分。示波器有一个触发源选择开关（如图 1-1 所示）来选择触发信号。

① 内触发 (INT Trig)：触发信号来自垂直通道被测信号本身（通道 I 或通道 II 信号）。

② 电源触发 (AC Trig)：触发信号选自交流电源信号，即 50 Hz 交流电源信号。

③ 外触发 (EXT Trig)：触发信号来自专门的外部信号，该信号从示波器前面板的外触发插孔输入。

一般情况下，都采用内触发。

2. 触发类型 (Trigger Type)

有“边沿触发 (Edge Trig)”和“视频触发 (TV Trig)”之分。

① 边沿触发 (Edge Trig)：边沿触发又分上升沿触发（或正斜波触发）和下降沿触发（或负斜波触发），如图 1-7 (a) 所示。用一个比较电平 (Level) 与输入信号比较 [图 (a) 为 0.5 V] 产生触发信号，利用比较点 A (正沿) 产生触发信号，称为上升沿触发 (+)，其波形如图 1-7 (b) 所示。反之，利用比较点 B (负沿) 产生触发信号，称为下降沿触发 (-)，其波形如图 1-7 (c) 所示。

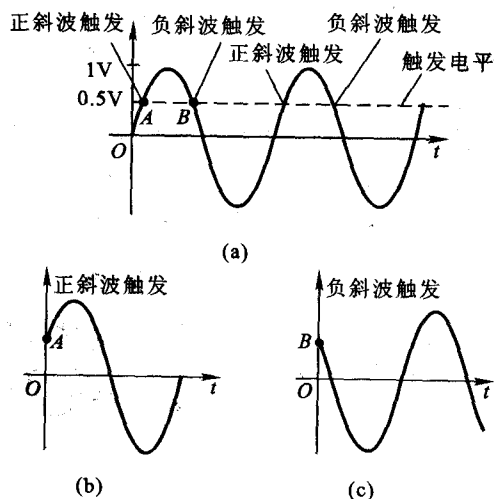


图 1-7 触发电平 (Level), 正斜波触发和负斜波触发
 (a) 触发电平与比较点 (b) 正斜波触发所对应的波形显示
 (c) 负斜波触发所对应的波形显示

② 视频触发 (TV Trig): 电视信号比较复杂, 为了更好地观测电视类信号, 人们从电视同步分离电路中提取触发信号。

3. 扫描方式 (Sweep Mode)

扫描方式有“自动”、“正常 (常态)”、“单次”之分。

① 自动扫描方式 (Auto): 在没有触发信号 (如观察直流信号时) 或信号不够触发电平时, 为避免显示屏出现一个点或一条竖线显示, “时间基线发生器”自激产生扫描信号, 用户可以看到扫描线, 然后调节触发电平, 使波形稳定显示。

② 常态扫描方式 (Norm): 在无触发信号时, 扫描电路处于等待 (准备) 状态, 此时屏幕不出现扫描线。一旦触发信号到来, 才出现扫描线, 并立即进入正常显示波形。

③ 单次扫描方式 (Single): 接到触发信号后, 启动单次扫描, 扫描一周后又立即停止 (不产生周期的重复的锯齿波)。单次扫描方式用于捕捉突发的、非重复性的瞬态信号。

一般情况下, 将示波器置于自动 (Auto) 方式, 使显示屏始终有扫描线存在。

三、示波器的垂直通道

1. 垂直灵敏度

“灵敏度”是示波器的重要指标之一。它与显示屏的偏转灵敏度、垂直通道信号调理器的放大倍数、衰减因子等因素有关。显示屏光点在垂直方向的偏转与待测信号幅度成正比, 如果待测信号非常微弱, 那么垂直放大器的放大倍数必须要大, 反之, 待测信号幅度很大, 则垂直通道的衰减因子必须加大, 以期得到合适的波形显示。所以, 无论何种型号的示波器, 总有一个调节垂直通道增益与衰减的旋钮, 即“垂直灵敏度”调节旋钮, 如图 1-8 所示。如果是双通道示波器, 则应有两个独立的垂直灵敏度调节旋钮。垂直灵敏度用显示屏光点在垂直方向上每偏转一个分度 (1 div) 所需输入信号的峰峰值来表示 (即 V/div)。例如灵敏度选为 $0.2 V/div$, 波形在显示屏上垂直偏转为 $5.3 div$ (如图 1-9 所示), 那么, 输入信号的峰峰值为:

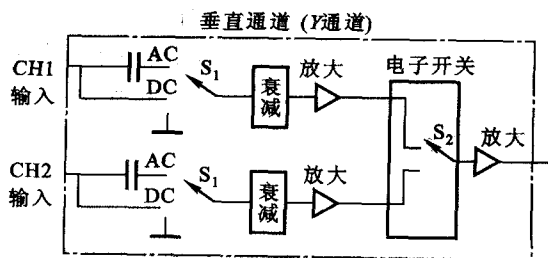


图 1-8 示波器垂直通道示意框图

$$U_{ipp} = 5.3 (\text{div}) \times 0.2 (\text{V/div}) = 1.06\text{V}$$

2. 通道切换开关

根据用户需要,可单独显示通道1(CH1)波形或通道2(CH2)波形,也可以同时显示两个通道的信号波形(双踪)。有的示波器还可以显示两通道信号之和或两通道信号之差,这就靠通道切换开关来实现,如图1-8中的电子开关 S_2 。在许多示波器中,用几个按钮开关来切换,如CH1、CH2。

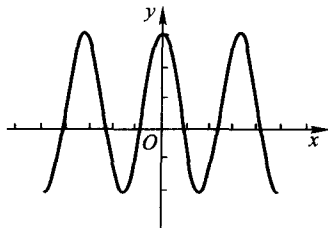


图1-9 波形的幅度测量

3. 耦合方式 (Coupled Mode)

(1) 直接耦合方式 (DC 耦合)

如图1-8中 S_1 开关所示,当开关置“DC”位置时,信号是直通的,信号中的所有成分,包括直流分量都可以加到示波器上。一般在需要观测信号直流电平或极低频率分量时,必须置“DC”挡。

(2) 交流耦合方式 (AC 耦合)

如图1-8所示,当开关 S_1 置于“AC”位置时,信号经过隔直流电容耦合到示波器上,显然,信号中的直流分量被阻挡,信号中含有的频率很低的分量也将产生畸变,如图1-10所示。其中,图(a)所示是直接耦合的信号,含直流电平;图(b)所示是经AC耦合后,直流电平被隔除,信号的平均值变为零;图c所示是当输入信号频率很低,脉宽很宽时,由于电容器充放电的影响,使信号的顶部降落而产生畸变(失真)。所以当观察的信号频率很低时,不宜采用AC耦合,而当不需要观察直流分量,信号频率又不很低时(一般高于几十赫),用AC耦合,特别是当直流分量很大,交流分量很小时,必须用AC耦合,以将直流成分隔掉,将交流分量放大。例如观察直流电源的纹波时,就应该采用AC耦合。

(3) 接地方式

如图1-8所示,当耦合开关 S_1 “接地”时,输入信号与示波器断开,示波器垂直通道输入端接地,此时扫描时基线将出现在显示屏的正中间。这种方式也非常有用,例如一时找不到扫描线时(可能偏到显示屏外边),可将 S_1 置“地”,扫描线就会立即回到显示屏中央位置,而被发现。该功能称为“垂直校零”。

4. 位置 (Position)

示波器中有两个“位置”按钮,即垂直位置控制和水平位置控制,用以调节被测波形在示波器的上下、左右位置。

5. 探头