

数字电路 与逻辑设计 实验技术

●安德宁 赵廷瑞 编著

北京邮电学院出版社

数字电路与逻辑设计实验技术

安德宁 赵廷瑞 编著

北京邮电学院出版社

(京)新登字162号

内 容 提 要

本书共分三篇,内容包括:数字电路常用仪表(示波器、脉冲发生器、数字计数器及逻辑分析仪);数字电路测试技术;基本实验;数字系统的综合性实验(或称课程设计)。附录中列出了常用TTL,CMOS器件的简易手册。

本书在内容的安排上,注意使实验内容和方法更接近于科研和生产实际,加强学生实验能力的系统培养。可以满足不同专业、不同学时数教学的需要。本书由邮电部高等院校专业基础课教学指导委员会推荐,作为教材出版。可作为大学本科和专科通信电子类各专业及通信管理专业的教材,也可供从事电子工程技术的工程技术人员、中等专业学校有关专业的教师和学生参考。

数字电路与逻辑设计实验技术

编 著 者: 安德宁 赵瑞瑞

责任编辑: 郑 爽

北京邮电学院出版社出版

新华书店北京发行所发行各地新华书店经销

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

787×1092毫米 1/16

印张 14 字数352 千字

1993年7月第一版

1993年7月第一次印刷

印数: 1—7500册

ISBN 7-5635-0125-8/TN·37 定价: 9.60元

前 言

本书是按照邮电部制定的85教材规范化编写的, 经过邮电部高等院校教学指导委员会征稿、评选、推荐出版, 作为邮电高等学校教材。

本书是作者吸取国内外同类教材的优点, 利用长期积累的教学资料和经验, 考虑到科学技术的飞速发展, 知识更新周期的加速, 以及实验独立设课的特点编写而成的。

本书由数字仪表、数字测量技术、基本实验和数字系统大型实验几部分组成。在内容的安排上, 既注意巩固讲授的理论知识, 又适当拓宽知识面, 初步学会电路的工程设计和调测方法, 着重实验能力的培养。逐步使实验内容更加接近于科研和生产实际的程度。

为了增强本教材的通用性, 考虑到不同专业的要求, 实验内容有多种菜单, 搞“拼盘式”或“模块式”。教师可根据各个专业教学要求, 选定必做实验内容, 开设多种选做实验内容, 以利于培养学生实际动手能力和独立工作能力。

数字电路与逻辑设计实验技术课, 是继物理实验、电路测量基础实验之后, 和模拟电子电路实验课先后或并行开出的, 因此, 有关误差理论、实验数据的处理方法, 在此就不重述了。

本书在编写过程中, 北京邮电学院彭家浚、孙礼、罗翔飞同志给予了很多帮助和支持。彭家浚同志编写了部分数字仪表的内容。孙礼同志试排和编写了“GAL的设计和运用”实验。罗翔飞同志为本书提供了“波形发生器”课题。邮电部高等院校专业基础课教学指导委员会邀请部内外专家对本书进行了评审, 并对本书原稿提出了很多修改意见。在此一并致以诚挚的谢意。

本书可作为大学本科和专科院校通信电子工程类各专业、通信管理专业的教材, 也可作为中专有关专业的教学参考书。

限于编者水平, 书中难免有不妥之处, 望广大读者批评指正。

编 者

1992年6月

目 录

第一篇 数字电路的测试技术

第一章 数字电路常用的测试仪表

1.1 通用示波器	(1)
1.1.1 概述	(1)
1.1.2 典型通用示波器	(2)
1.1.3 示波器的基本应用	(11)
1.2 脉冲发生器	(15)
1.2.1 概述	(15)
1.2.2 XC-13A型脉冲发生器	(15)
1.2.3 脉冲发生器的正确使用方法	(18)
1.3 数字计数器	(20)
1.3.1 概述	(20)
1.3.2 CN3165型计数器简介	(23)
1.3.3 测试误差分析	(28)
1.4 逻辑分析仪	(30)
1.4.1 概述	(30)
1.4.2 逻辑分析仪的工作原理	(32)
1.4.3 逻辑分析仪的主要性能	(39)
1.4.4 逻辑分析仪的应用	(39)
习题和思考题	(55)

第二章 数字集成电路

2.1 数字集成电路的逻辑图形符号	(55)
2.1.1 逻辑图形符号标准	(55)
2.1.2 国际GB4728-12逻辑符号基本规则	(56)
2.2 数字集成电路的分类与选用	(58)
2.2.1 数字集成电路的分类	(58)
2.2.2 DIC的选用	(58)
2.2.3 TTL与CMOS数字集成电路使用规则	(59)
2.3 集成门电路外特性的测试	(61)
2.3.1 集成门电路外特性图示法	(61)
2.3.2 平均延迟时间的测量	(66)
2.4 集成触发器特性分析与使用概要	(67)

2.4.1	TTL触发器一般特性与使用概要	(67)
2.4.2	CMOS触发器的一般特性	(69)
2.5	数字电路常见故障的检查与排除	(69)
2.5.1	数字电路实验安装与检查	(69)
2.5.2	数字电路常见故障的分析与排除	(74)
2.6	数字显示器件	(78)
2.6.1	常用数字显示器件的分类	(78)
2.6.2	常用显示器件的工作原理	(79)
2.6.3	数字显示器件的应用	(80)
第三章	时钟产生电路和定时电路	(81)
3.1	多谐振荡器	(81)
3.1.1	用555时基电路组成的多谐振荡器	(81)
3.1.2	用集成门电路组成的多谐振荡器	(85)
3.2	单稳态触发器	(87)
3.2.1	集成单稳态触发器及其应用	(87)
3.2.2	555时基电路组成的单稳态触发器及其应用	(92)
3.3	集成施密特触发器	(93)
3.3.1	集成施密特触发器的特性	(93)
3.3.2	集成施密特触发门电路的应用	(93)
3.4	单脉冲发生器及触摸开关	(94)
3.4.1	单脉冲发生器	(94)
3.4.2	触摸开关	(95)

第二篇 基本实验

一、概述	(98)
二、实验报告的编写	(98)
三、面包板及其使用方法	(100)
实验一 常用数字仪表的使用	(101)
实验二 波形变换电路	(102)
实验三 逻辑门的外特性测试	(103)
实验四 OC门和三态门的应用	(105)
实验五 组合逻辑电路分析	(106)
实验六 组合逻辑电路的应用(一)	(107)
实验七 组合逻辑电路的应用(二)	(107)
实验八 组合逻辑电路的应用(三)	(109)
实验九 触发器及其简单应用	(109)
实验十 C-MOS触发器	(110)
实验十一 单项脉冲发生器	(111)
实验十二 触发器及MSI计数器(一)	(112)

实验十三	触发器和MSI计数器(二).....	(113)
实验十四	逻辑分析仪的应用.....	(114)
实验十五	MSI计数器的应用(一).....	(117)
实验十六	MSI计数器的应用(二).....	(118)
实验十七	MSI移位寄存器及其应用(一).....	(118)
实验十八	MSI移位寄存器的应用(二).....	(119)
实验十九	MSI移位寄存器的应用(三).....	(120)
实验二十	多谐振荡器和定时器.....	(121)
实验二十一	集成单稳态触发器的应用.....	(122)
实验二十二	数字信号的发送和接收.....	(123)
实验二十三	ROM的应用	(125)
实验二十四	通用逻辑阵列的设计和应用.....	(133)
实验二十五	A/D转换器的功能测试	(147)
实验二十六	D/A转换器的功能测试	(148)

第三篇 数字系统的综合性实验

一、概述.....	(149)
二、数字系统的设计方法.....	(149)
1. 试凑法.....	(150)
2. 自上而下法.....	(151)
三、数字系统的安装与调测.....	(156)
1. 数字集成电路器件的功能检测.....	(156)
2. 实验电路的安装与布线.....	(156)
3. 数字系统的调试.....	(157)
4. 数字系统中的噪声.....	(158)
5. 数字系统中的故障.....	(159)
四、综合实验课题.....	(160)
课题一 数字电子钟.....	(160)
课题二 数字日历.....	(160)
课题三 5 × 7 点阵显示及控制电路.....	(161)
课题四 带数字显示的减计数定时器.....	(162)
课题五 乒乓游戏机.....	(163)
课题六 智力竞赛裁判系统.....	(164)
课题七 空闲信息显示器.....	(165)
课题八 误码测试仪.....	(166)
课题九 数字锁.....	(167)
课题十 交通灯控制器.....	(167)
课题十一 波形发生器.....	(168)
附录 常用数字集成电路简易手册.....	(169)
参考文献.....	(214)

第一篇 数字电路的测试技术

第一章 数字电路常用的测试仪表

数字电路具有下述特点，一是它的工作信号基本是二进制的数字信号，在时间和数值上不是连续渐变的，而反映在电路上就是低电平和高电平两种状态（即 0 和 1 两个基本数字）。二是在数字电路中，研究的主要问题是输入信号的状态（0 或 1）和输出信号的状态（0 或 1）之间的关系，即电路的逻辑功能。三是对组成数字电路的元件和器件的精度要求不高，允许有较大的误差，只要在工作时能够可靠地区分 0 和 1 两种状态即可。基于这些特点，对数字电路的测试内容主要分为两大类：一是波形参数的测量，二是电路逻辑功能的测量。从电子测量的角度而言，前者属于时域测量的范畴，即研究被测信号的幅度随时间变化的关系。后者属于数字域测量的范畴，即研究以离散时间或事件出现的次序为自变量，而把状态值作为因变量的函数关系。在时域测量中，最典型且用途又最为广泛的仪表是示波器。在数字域测量中，功能最完善，且能对数字电路进行时序和状态进行分析的仪表，主要是逻辑分析仪。

综上所述，本章讨论的数字电路常用的测试仪表，主要是示波器，逻辑分析仪和对电路产生激励或触发的脉冲信号源，以及对时间能作定量测定的通用数字式计数器。这几个仪表对学习、实践和制作数字电路来说，都是必须掌握的基本仪表。但为了突出本课程的重点，对每个仪表分析的侧重点在于如何正确的操作和应用。其性能和工作原理只作一般的介绍。

1.1 通用示波器

1.1.1 概述

通用示波器是当前科研、教学、生产单位常用的一种示波器，由于它只能对一般的电信号进行观测，所以在示波器分类中又称之为普通示波器，这种示波器在测试功能和用途方面尚不能满足某些特殊的要求，如对超高频（1 GHz 以上）的微波信号或脉宽为纳秒（ns）的窄脉冲信号、非周期或缓慢变化的信号等，均无法进行测试。这主要是因为普通示波器中缺乏特殊用途的特殊装置，如测高频信号或窄脉冲信号的高低频转换装置——取样头，测非周期信号的记忆信息装置——存储器等。

现代的通用示波器，根据电路结构和功能的特点一般又可分为三类：

一、单踪单时基（单扫描）示波器

这类示波器采用单束示波管，电路结构简单，故只能在荧光屏上观测到信号的单个波形。

二、双踪单时基示波器

此类示波器具有能在示波管荧光屏上，同时显示两路（或两个）信号波形的功能。对观测信号通过电路，比较其输入与输出信号的幅度、相位和时间等关系是极为便利的。若使用它的双路信号间之和或差的显示工作模式，还可以消除波形的干扰，提高测试的准确度。

双踪示波器显示波形原理与单踪示波器是类似的,即仍采用单束示波管并利用它的电子射线在荧光屏上描绘出被测信号变化的波形,主要差异是它的电路结构比单踪示波器多了一个电子开关和一个垂直(Y)输入通道。电子开关在不同的时间里,分别把两个垂直通道的信号轮流接至示波管的垂直(Y)偏转板,则荧光屏上便可显示出两路波形。

实现双路同时显示波形的办法除了上述所说的之外,尚有用多束示波管的原理,即该管可同时产生两束以上的电子射线,且管内具有两套X、Y偏转系统,各系统的灵敏度、位移、聚焦、辉度等都可独立调整。采用此种结构虽同样可获得多波显示的效果,但其工作原理与双踪示波器有本质的不同。为了区别,在示波器分类中它被划为另一种类型,并称之为双线或多线(多束)示波器。

三、双踪双时基(双扫描)示波器

这类示波器最突出的优点是具有延迟触发扫描的功能。它可将两路输入信号,在荧光屏上同时显示出双踪或四踪不同变化的信号波形,其中两个波形就是利用了延迟触发扫描的功能,将周期信号的局部波形展开进行单独显示。双扫描示波器主要用于观测并扩展复杂信号波形的局部变化。如在观测不同幅度和形状的复杂脉冲串中,可以显示任意一个脉冲的细微变化过程。

双扫描示波器,是在双踪或单踪示波器的电路结构基础上发展起来的,它是在水平通道中多增加了一个扫描电路,即包含有A、B两套扫描电路,其中只有A扫描(或称主扫描)是独立的,B扫描(或称副扫描)只能在A工作后的某一时刻才开始扫描,故称之为延迟触发扫描,A扫描的开始由被测信号触发,显示信号的全部变化过程,B扫描由A扫描后触发产生,所以只能显示信号的局部波形。至于选择哪个部位波形(或B扫描的延迟时间值),可以根据实际测试的需要,调整B扫描对A扫描的延迟时间。

通过上述分析,不难看出后两种型式的普通示波器功能较强,所以常被推荐为当今实验室更新换代的典型仪器。

1.1.2 典型通用示波器

一、概述

介绍典型通用示波器的目的一是结合实物便于学习和应用。二是希望能起到举一反三的作用,即通过学习能掌握研究和运用各种型号通用示波器的分析方法。下面以V-212型示波器为例加以介绍。

二、日立V-212型示波器

V-212型示波器,是日本日立公司的产品,它属于便携式的双踪示波器。

1. 主要技术指标

(1)垂直系统特性

频宽(垂直)和上升时间:DC-20MHz; 17.5ns

偏转系数(灵敏度): 5mV/div—5V/div; 加放大后至1mV/div

显示方式:单踪显示(CH1或CH2),双踪显示(ALT——交替扫描用于高频,CHOP——断续扫描用于低频),单踪显示CH1±CH2的叠加波形(ADD——代数和)

输入阻抗:1MΩ//25PF(直接)

最大输入电压:300V(DC+PeakAC)或500P-PAC($f \leq 1$ kHz)

输入耦合方式:AC·GND(地)·DC

(2)水平系统特性

扫描速度(时基): $0.2\mu\text{s}/\text{div} \rightarrow 0.2\text{s}/\text{div}$, 可扩展至 $100\text{ns}/\text{div}$

频宽(水平): DC-500kHz

(3) 触发系统特性

触发方式: 正常(触发)、自动(连续)、TV(电视行或帧)

触发源: 内、电源(50Hz)、外

触发斜率: + (正), - (负)

TV同步极性: TV(-)

触发灵敏度与频率关系: 内触发灵敏度——20Hz—2 MHz时, 为2.0div, 2 MHz—20 MHz时, 为3.0div。外触发灵敏度——20Hz—2 MHz时, 为200mV, 2 MHz—20MHz时, 为800mV。

外触发输入阻抗及电压: $1\text{M}\Omega//25\text{pF}$, 最大输入电压 $V_{\text{max}}300\text{V}$ (DC+PeakAC)

(4) 校正输出信号: 频率1kHz, 幅度为0.5V的方波

(5) 电源电压: AC100V, AC120V, AC220V, AC240V, 50Hz/60Hz

2. 电路方框图

由图1-1可见, 双踪示波器的组成与单踪示波器的主要差别有两点: 其一是多设置了一套垂直通道(CH2)电路, 并在该通道中加了一个倒向开关电路, 故可控制该路输入的信号进行正反相位置的显示; 其二是增加了一组由电子和机械构成的开关电路, 它的作用是使示波器的多功能显示(即工作方式选择), 例如单踪或双踪等波形显示。除此之外就是一个典型的单踪示波器框图。由于此部分内容已在先修课程——“物理实验”或“电路测量”中作过讲授, 故在此不再赘述。

3. 工作原理

(1) 示波器的扫描方式

大家知道, 要在荧光屏上将观测到的波形沿水平方向展开, 则必须在示波管的X偏转板上加随时间变化的扫描电压——锯齿波, 为使其显示的波形稳定, 还要求锯齿波的频率或周期与被观测波形的频率或周期同步, 即二者在频率或周期上成一定整数比。

示波器的扫描方式: 为适应各种波形的观测要求, 其有两种扫描方式, 即连续扫描(AUTO-Automatic)和触发扫描(NORM-Normal)。

连续扫描: 是指示波器荧光屏上显示的垂直线(又称时间基线)与外观测信号是否存在无关。换句话说, 当接入信号时屏上便显示信号的波形, 若撤去信号屏上仍出现一条水平方向的直线光迹。此种扫描方式适用于观测随时间连续变化的信号, 如正弦波形等。但对观察脉冲波形, 尤其是观测占空比较小的脉冲波形, 将出现令人难以解决的困难。

触发扫描: 此种扫描的特征, 简单地说, 就是只有示波器接上信号, 荧光屏上才出现光迹(波形), 撤去信号荧光屏上只有光点。换句话说, 示波器内的扫描锯齿波电压, 是由被测信号触发产生的。正因为这样才使得被测信号与扫描信号间保持绝对的同步。当然要实现这种方式, 需要解决的问题是触发源、触发电平高低、触发极性、以及扫描速度必须是可变或可选择的。因此具有此种扫描方式的示波器其面板上都设置有上述部分相应的操作开关和旋钮。该扫描方式能用以观测任意波形(包括脉冲波形)。所以在数字电路测试中, 几乎毫无例外地采用触发扫描的示波器。

关于连续扫描不适宜观测窄脉冲波形(即占空比—— τ/T_s 小)的道理, 可参见一般的“电子测量”书籍中有关示波器部分。

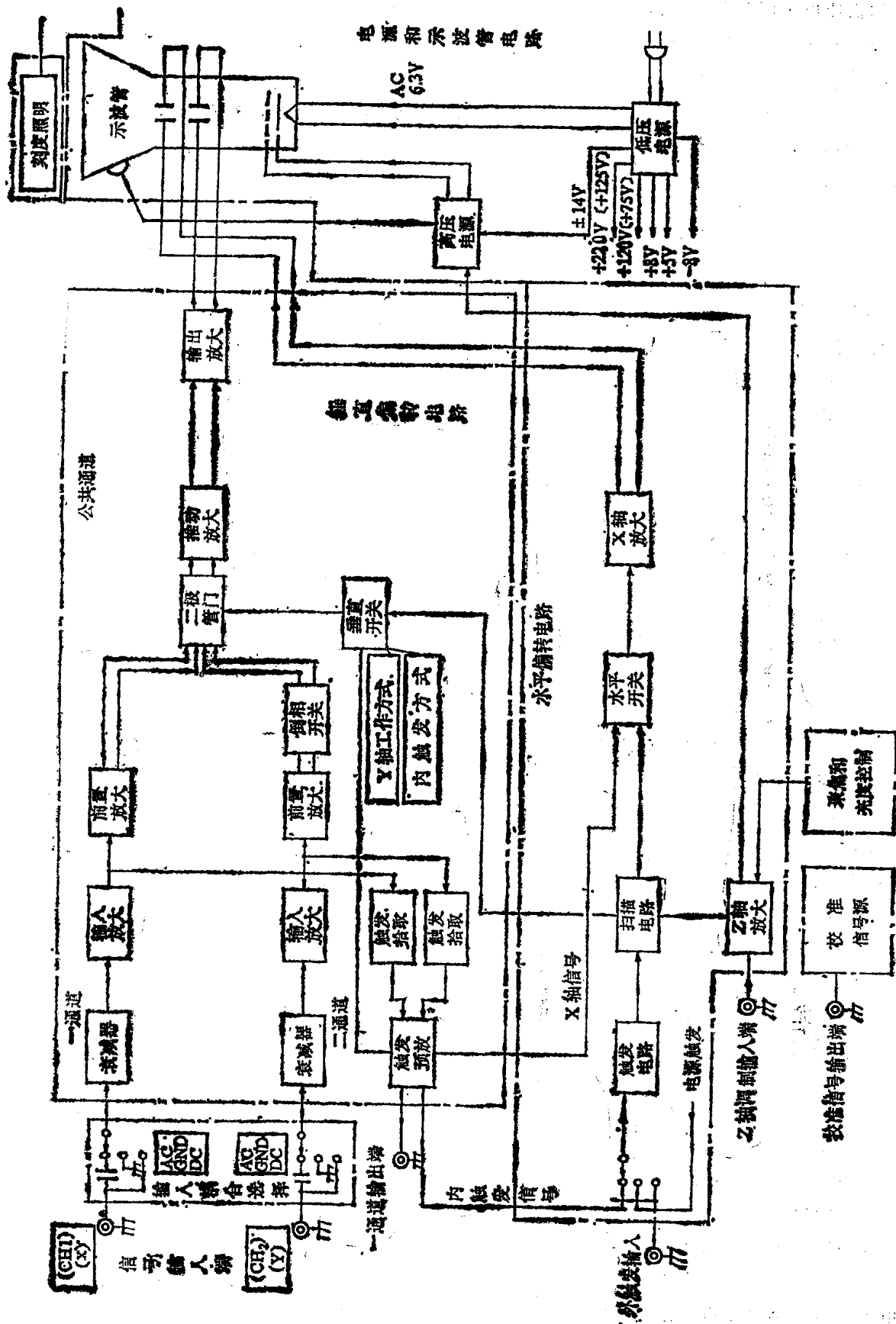


图 1-1 V-212示波器方框图

(2) 两个波形同时显示的过程。

为了便于理解双踪示波器对被测信号波形显示的过程和原理。我们在下面分析方法中，一是只作垂直通道（CH1-Y_A和CH2-Y_B）部分讨论，二是对图1-1 V-212示波器框图中的垂直系统作了如图1-2所示的简化等效。

由图1-2可见，双踪示波器能同时显示双波形的基本原理，主要是靠电子开关轮流接通A门和B门，Y_A通道和Y_B通道的输入信号V_A和V_B按一定的时间分割轮流被接至垂直偏转板，在荧光屏上显示。

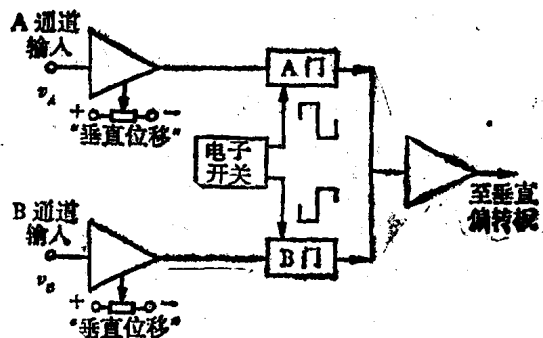


图 1-2 V-212示波器Y通道简化等效框图

根据开关信号的转换速率不同有两种不同的时间分割方式：“交替”方式和“断续”（斩波）方式。

① “交替”方式

在“交替”方式工作时，若第一个扫描周期电子开关使A门接通，并显示Y_A通道输入信号波形V_A，则第二个扫描周期电子开关使B门接通，而显示V_B波形，如此重复，并在屏幕上轮流显示出两个信号波形。若被测信号重复周期不太长，那么利用屏幕的余辉和人眼的残留效应，我们感觉到屏幕上同时显示出两个波形，如图1-3（a）所示。显然，为了实现“交替”方式的双踪显示，开关信号必须与扫描信号同步。实际上，控制电子开关的开关信号由时基电路提供（可参见图1-1）。

当被测信号频率较低时（低于25Hz），由于交替显示的速率很慢，图形将出现闪烁。

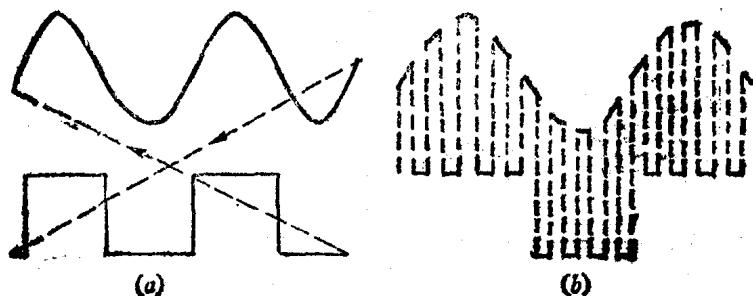
② “断续”方式

当开关信号频率（V-212为250kHz）远大于被测信号频率时，双踪显示将工作在“断续”方式。这时开关信号对两个被测信号波形轮流地进行实时取样，所以，在屏幕上看到的是由若干个取样光点所构成的“断续”波形，如图1-3（b）所示。

在“断续”方式中，由于每个扫描周期同时显示出两个信号波形，所以，在观测重复频率较低的波形时可避免闪烁。

在双踪显示时，不管工作在“交替”方式，还是“断续”方式，为了显示出两个信号之间的相位（或时间）关系，需要用其中（Y_A通道或Y_B通道）一个信号去触发扫描发生器，在波形转换过程中产生的光迹（图1-3中虚线）应消隐处理。

断续方式也称为斩波方式（Chopped Wave）。



(a) “交替”方式 (b) “断续”方式

图 1-3 双踪显示方式

4. 使用方法

要正确使用好示波器，操作者在测量前，必备的知识或准备工作共有三个方面应了解，熟悉最好。首先要清楚该示波器的用途，同类示波器可测试功能不尽相同，且使用方法也随结构、性能不同而产生差异。其次就是要明白示波器的技术指标，如测试频率范围，幅度范围，输入（出）阻抗等。最后就是对它面板操作键钮，如控制仪器的何种功能，应有所了解，以便在测试中做到心中有数，按步就班的操作，而不是盲目乱动，造成测试时间的浪费和不必要的损伤仪器。

(1) 示波器操作前的准备

V-212示波器的前、后面板图如图1-4和图1-5所示。

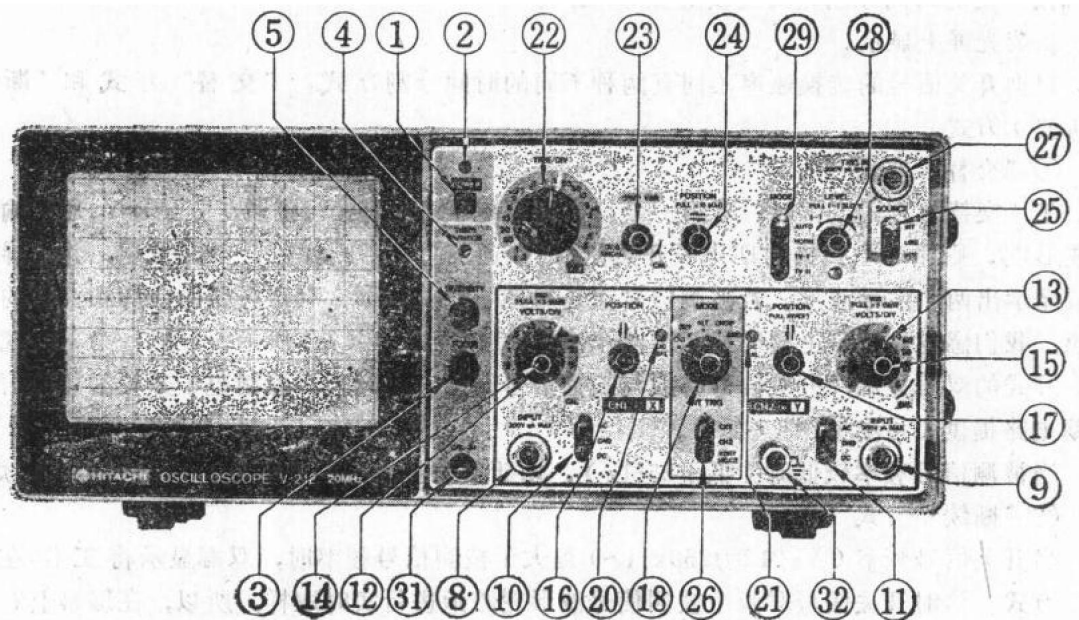


图 1-4 V-212示波器前面板图

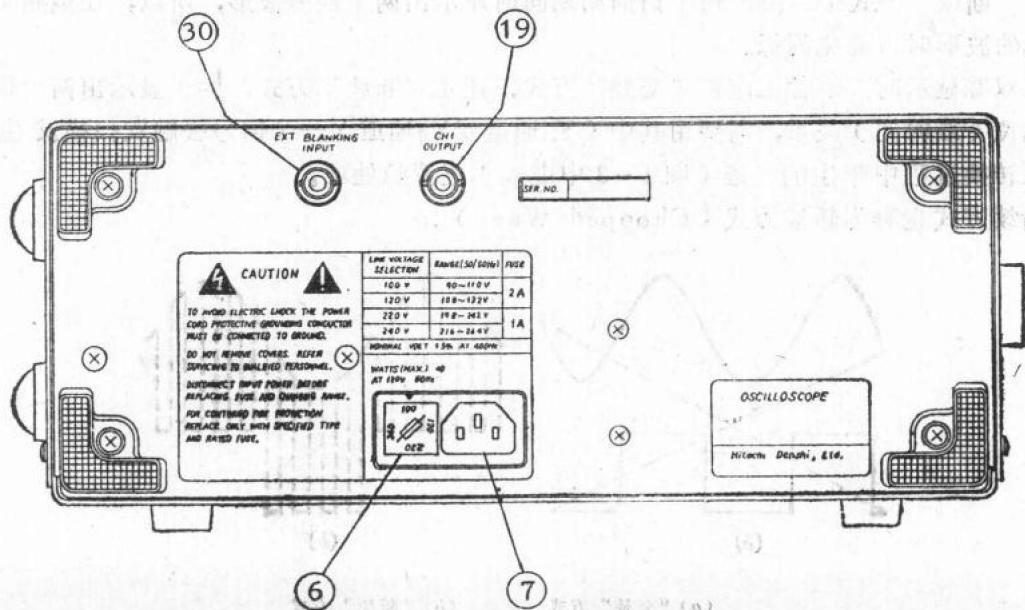


图 1-5 V-212示波器后面板图

现将V-212示波器面板上各开关与旋钮的名称和功能,简要地介绍如下:

V-212示波器位于前后面板上的开关、旋钮、连接器共32个。显然,对初学者来说,要在短时间内全部了解和掌握它们的功能,是有一定的难度。但如果我们按这些开关、旋钮等的作用考虑,便可归纳成三大系统,这不仅易学也容易记。

a) 电源和示波管系统

此系统共包含七个控制功能开关或旋钮,它们是:

- ①电源开关
- ②电源指示灯
- ③聚焦调节

此旋钮调节应与⑤亮度调节共同配合,才能获得最佳的效果。方法是先调节⑤,使光屏上显示适当亮度的光迹,而后再反复调节③,使其光迹(或时间基线)越细越好,这样可以减小测试误差。

④踪迹旋转控制

此旋钮的作用是通过④,可调节示波管荧光屏上的光迹与光屏前坐标胶片的水平标尺刻度线一致。

⑤亮度调节

顺时针旋转使光迹亮度增加,反之变暗。

⑥电源电压选择开关

⑦交流电源(AC)插座

b) 垂直偏转系统

此系统由14个可供操作的开关等组成,它们控制着垂直通道相关的多种功能。

⑧CH1(Y_A)输入插座

当示波器工作于显示波形时,此插座作第一路垂直信号用,若示波器工作于显示图形(李少育图)方式(X-Y),则该插座输入为水平(X轴)信号。

⑨CH2(Y_B)输入插座

不论示波器工作方式为何,其输入始终作垂直信号(二路)用。

⑩⑪输入耦合方式(选择)开关

AC与DC分别表示信号输入采用交流耦合与直流耦合方式,GND表示输入端接地。

⑫⑬灵敏度选择开关(VOLTS/div)

此开关为选择垂直偏转系数(灵敏度),由于它的结构属步进式衰减器,所以只能作粗调用。

⑭⑮灵敏度微调(VAR)及其固定增益的变换(PULL×5GAIN)。

⑫与⑭,或⑬与⑮的结构形式,是属套轴式的开关旋钮。外旋钮为粗调,中心旋钮为微调,用后者可以连续变化示波器的垂直偏转灵敏度,在作相对测量如比较两个波形时是很有用的。此外中心旋钮还具有按拉开关的性能。当它处于拉出的位置时,可使垂直方向增益放大5倍即能使垂直灵敏度提高到1 mV/div。

⑯垂直位移调节(CH1)

⑰垂直位移调节(CH2)并兼Y_B极性转换开关(PULL INVERT)。

它是一个按拉式开关旋钮,并具有双重功能作用。既能调节位移,还能改变该路输入信号的显示极性。即按下为常态,正常显示Y_B通道(CH2)输入的信号;拉出时,则显示倒

相的 Y_B 信号。

⑧显示方式开关

有CH1(Y_A)、CH2(Y_B)、交替(ALT)、断续(CHOP)、 Y_B+Y_B (“ADD注原文说明ADD的含义是代数和”)共五种方式。各种方式的作用已在前面进行了较详细的叙述,故此从略。

⑨CH1信号输出插座

⑩平衡调节(DC BAL(Balance))

属半调整器件,正常使用时无需调节,调节时,首先将输入耦合调至GND位置,然后调节该旋钮,可使灵敏度开关在(5mV/div — 10mV/div)不同档位时,零电平基线在垂直轴方向上位置变化最小。

c) 水平偏转系统

此系统由11个控制开关及旋钮组成,它主要完成示波器的触发与扫描和校正等功能。

⑪扫描速度(TIME/div)选择开关

可选扫描时间范围为 $0.2\mu\text{s/div}$ — 0.2s/div ,但不能连续调节,而按1,2,5的顺序分19步进行选取时间。除此之外它尚兼有示波器显示图像类型的控制功能,即当位于第20步时,它显示的图形为任意二变量 X 与 Y 的关系($X-Y$)。

⑫扫描速度微调(SWP VAR)

利用此旋钮可在扫描速度粗调的基础上,连续地调节。当微调旋钮按顺时针方向转至满度为校正(CAL)位置,此时的扫描速度值就是粗调旋钮所在档的标称值(如 $0.5\mu\text{s/div}$),若是反时针方向旋转至底,其粗调扫描速度最大变化2.5倍(如上例 $2.5 \times 0.5\mu\text{s/div} = 1.25\mu\text{s/div}$)。

⑬水平位移及扫描扩展开关(POSITION)(PULL $\times 10\text{MAG}$)

此调节机构把旋钮和按拉开关的作用融为一体。

当作旋钮转动时可调节图形水平(X 轴)方向的位移。此时按拉开关处于按下为常态,仪器正常使用。

当开关拉出时(拉 $\times 10$),荧光屏上的波形在 X 轴方向扩展10倍。此时的扫描速度增大10倍,即扫描时间是指示值的 $1/10$ (如上例 $0.5\mu\text{s/div} \times 1/10 = 0.05\mu\text{s/div}$),如图1-6所示。

⑭触发源选择开关(SOURCE)

开关置于INT(内)时,触发信号取自 Y 通道(CH1或CH2);置于LINE(电源)时,触发信号取自交流50Hz电源;置于EXT(外)时,触发信号直接由外触发同轴插座端输入。后两种触发情况,都要求它们分别与显示信号在频率上应有整数倍的关系(同步)。

⑮内触发源选择开关(INTTRIG)

开关置于CH1(Y_A)时,触发信号取自 Y_A 通道,此时荧光屏显示 Y_A 信号的波形;开关置于CH2(Y_B)时,其结果与上类同,即显示 Y_B 信号波形;开关置于VERT MODE(交替触发)时,触发信号交替地取自 Y_A 和 Y_B 通道,此时,荧光屏上同时显示 Y_A 和 Y_B 的两个稳定波形。

⑯外触发输入同轴插座(TRIG IN)

⑰触发极性选择兼触发电平调节开关(LEVEL PULL(—)SLOPE)

此操作部分的结构具有开关兼旋钮的作用,其中开关是属于按拉式开关,由二者共同完

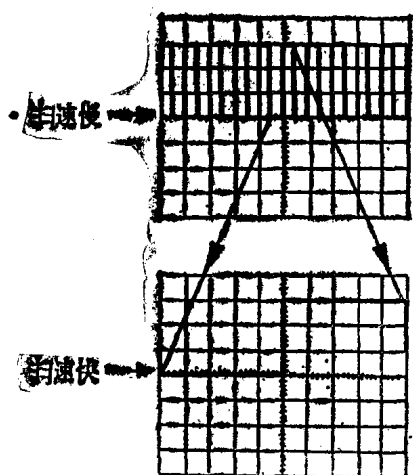


图 1-6 扫描速度与显示波形的关系

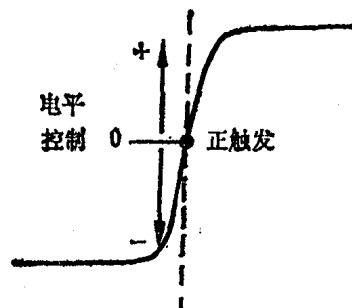


图 1-7 触发电平和正极性选择示意图

成确定触发信号波形的触发点（即显示波形起始点的扫描位置）。具体调节方法如下：

极性选择：

开关拉出时，用负（-）极性触发，即用触发信号的下降沿触发。

开关按下时，用正（+）极性触发，即用触发信号的上升沿触发。

电平选择：

极性选定仅能确定触发的方向，而触发点的选定，则要靠调节触发电平旋钮，使电路在合适的电平上，启动扫描。当触发信号电平不在触发区域内时，扫描停止。

上述调试过程可用图1-7示意。

⑨触发方式选择开关

自动（AUTO）——扫描处于自动工作状态，有信号时，荧光屏上显示稳定的信号波形，其中同步关系除调TIME/div外，全由触发电平调节来完成。若无信号，荧光屏上便显示时间基线。

常态（NORM）——荧光屏上是否能显示波形或基线，全决定有无信号的存在。波形的稳定仍靠调节②和⑧来保证。此方式对被测频率小于25Hz的信号，观测更为有效。

TV(V)和TV(H)——是用于观测复杂的电视信号波形或图形的专用触发方式。其触发过程是：被观测的电视信号通过触发电路馈送到电视同步分离电路，分离电路拾取同步信号，作为触发扫描用，这样视频信号就可以十分稳定地显示。扫描速度（TIME/div）是根据电视的场（TV（V））和行（TV（H））来选择，应该选前者大于后者。

注意，只有电视同步信号为负极性时才能同步。

⑩亮度调制同轴插座（EXT BLANKING INPUT）

⑪校准信号接头（CAL，0.5V）

该接头可输出1kHz，0.5V的方波校准信号。

⑫接地端（GND）

（2）示波器的使用要点和基本操作程序

①使用技术要点

一般电子仪器使用中的注意事项，对示波器仍是适用的，如机壳接地，开机前应检查电源电压与仪器要求的额定电压范围是否一致（如V-212示波器工作在AC220V时其电压范围

应为198—242V)等。除此之外尚有它的特殊使用技术要点。

a) 使用示波器时,亮点辉度要适中,不宜过亮,且光点不应长时间停留在同一点上,以免损坏荧光屏。

b) 在观测波形时,最好将被测信号波形的关键部位移至屏幕中心区域观测,这样可以避免因示波管的边缘失真而产生测量误差。

c) 对测试信号或电路的连接应根据测试频率的高低和幅度的大小使用不同的接线和电缆,以防外界环境如噪声等对信号的干扰。例如测量脉冲和高频信号时,必须用高频同轴电缆连接。

d) 为了减小示波器对被测电路的影响,可利用探头连接以便提高示波器的输入阻抗。但使用探头要注意两点:一是使用前要校正,二是探头要专用,以避免产生分压比的误差或高频补偿不良现象。

e) 善于使用Y轴灵敏度选择开关(V/div),其数值的大小应视信号的强弱而定(弱就该选小或高),一般情况下,使用此旋钮调节波形大小要适中,以便能清楚地观测。

f) 为了获得稳定的显示波形,对扫描速度(TIME/div)、自动或触发方式、触发电平和触发极性等旋钮应配合调节使用。

②基本操作程序

a) 各扫描旋钮(或开关)置于内(INT)、自动(AUTO)、+(SLOPE)状态,CH1、CH2输入端接地(GND),辉度(INTENSITY),水平位移(≡POSITION)与垂直位移(⌋POSITION)调至中间位置。显示方式(MODE)置于CH1。

b) 接通电源,即按下POWER键。预热数十秒钟(V-212为15s),再调节辉度及水平、垂直位移旋钮,使屏上出现扫描线。

c) 调节聚焦(FOCUS),使扫描线清晰。

d) 改变显示方式,使它位于CH2,在屏的适当位置上,同样调出第二条扫描线,这样示波器已进入工作状态。然后,根据测量需要再进行其他的调节。

e) 若需要使用探头(极)测试,用前应作校准。其方法是把被校的探头接到CH1或CH2的输入端,并将VOLTS/div开关调到10mV档,把探头针接触到校准电压输出端,再用一个无感改锥调节补偿器,图1-8表示上述的操作简图。至于探头校准好坏的识别,应以获得如图1-9所示的理想波形为标准。

图1-9显示的波形是表示校准时可能出现的情况。即理想(左图)——补偿量适度,过补(中图)——补偿量过大,欠补(右图)——补偿量太小。若校准中出现后二种现象均

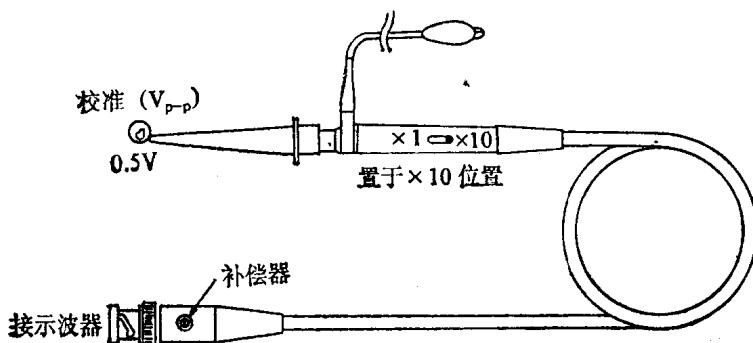


图 1-8 无源探头的校准图