

示波器 原理与电路技术

巫承义 叶正华 杨光璧 编

陈超 陈根章 等审

四川人民出版社

封面设计：张仁华

示波器原理与电路技术

四川人民出版社出版 重庆印制一厂印刷
四川省新华书店重庆发行所发行

开本850×1168毫米 1/32 印张 14 插页 8 字数371千
1981年 1月第一版 1981年 1月第一次印刷
印数：1—10,360 册

书号：13118·49

定价：2.00元

内 容 简 介

本书全面而又较深入地讨论示波器原理与电路技术。

全书分六章：第一章，示波器电路组成，着重介绍示波器组成原理；第二章到第四章，分别为主机、垂直系统和水平系统，着重介绍电路技术；第五章，典型示波器，着重介绍SR8和SR37两种示波器电路原理和电路特点；第六章，示波器新技术，概括介绍新颖示波器的原理、特点和应用。

本书可供具有高中或中专文化程度，或具有一定实践工作经验的技术工人和技术人员阅读；也可供有关专业师生作教学参考。

前 言

通用示波器（本书简称示波器）能把抽象电信号转换成肉眼直接观测的随时间变化图像，以便对电信号进行精确的定性和定量分析，因此，长期来示波器一直是电子和电气领域中主要测量仪器。由于一些非电量可以利用转换装置变换成电信号，并显示在屏幕上，所以示波器在非电领域也已获得广泛应用。

在生产制造、维护使用和教学实践中，常常需要有关示波器原理和电路技术方面资料，迄今能解决这一问题书籍还没有，从这个主题出发，编写了本书，并定名为《示波器原理与电路技术》。

全书包括四部分内容：第一部分（第一章）着重介绍示波器（包括单踪、双踪、单时基、双时基）组成原理及其主要技术问题；第二部分（第二、三、四章）着重从电路技术角度，分析示波器三大组成部分（主机、垂直系统、水平系统）电路组成及实现方法，并讨论一些典型电路；第三部分（第五章）介绍两种典型示波器—SR8型双踪单时基和SR37型双踪双时基示波器，以加深对前几章理解，并建立整机概念；第四部分（第六章）介绍示波器新技术，使读者概括了解七十年代迅速发展的高灵敏度示波器原理、特点和应用。

本书由巫承义、杨光璧、叶正华三人参加编写，巫承义同志主编。具体分工如下：第一、二、四、六章由巫承义执笔；第三章由叶正华执笔；第五章由杨光璧、巫承义执笔。

编写过程中，始终得到上海无线电廿一厂大力支持，提供许多资料，并完成全书插图描绘工作。他们在审阅中对各部分提出许多宝贵意见，因此本书是厂校结合成果。对他们热情帮助和辛勤劳动，

谨致深切谢意。编写中还得到我院无线电技术系陈湖教授和唐纯彩同志大力支持和具体帮助；无线电技术系郭成生等同志对本书初稿和第六章内容提出不少宝贵意见，对此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有缺点、错误之处，希望读者批评指正。

编 者

一九八〇年二月于

成都电讯工程学院

目 录

第一章 示波器电路组成

- 第一节 单踪单时基示波器..... (2)
- 第二节 双踪单时基示波器..... (2)
- 第三节 双时基示波器..... (14)
- 第四节 示波器主要技术问题..... (18)

第二章 主 机

- 第一节 示波管..... (27)
- 第二节 低压电源..... (38)
- 第三节 高压电源..... (55)
- 第四节 校准信号..... (64)
- 第五节 增辉与 Z 轴调制..... (67)

第三章 垂直系统

- 第一节 垂直系统电路组成..... (78)
- 第二节 输入电路..... (82)
- 第三节 Y 轴前置放大器..... (95)
- 第四节 后置放大器..... (113)
- 第五节 延迟线..... (146)
- 第六节 电子开关..... (155)

第四章 水平系统

- 第一节 水平系统电路组成..... (165)
- 第二节 扫描电压发生器..... (169)
- 第三节 闸门与释抑电路..... (186)
- 第四节 触发电路..... (201)
- 第五节 双时基系统..... (237)

第六节 水平放大器.....	(252)
第五章 典型示波器	
第一节 SR8型双踪单时基示波器.....	(266)
第二节 SR37 型双踪双时基示波器	(296)
第六章 示波器新技术	
第一节 记忆示波器.....	(340)
第二节 带字符显示示波器.....	(366)
第三节 带微处理器的示波器.....	(393)
第四节 逻辑分析仪.....	(419)

第一章 示波器电路组成

示波器一般是采用单枪示波管并依据示波器基本显示原理制成的，它能把人们无法直接看到的电信号，转换成肉眼能直接观察的波形，具体地显示在示波管屏幕上，以便对信号进行定性和定量观测。因此，在电视、广播、雷达、导航、自动控制、计算技术、宇宙飞行和核物理等现代科学技术领域中，示波器已成为一种主要的测量设备。

示波器通常由垂直系统（主要包括垂直放大）、水平系统（主要包括扫描和水平放大）和示波管电路（显示电路）等部分组成。其基本方框图如图（1—1）所示。

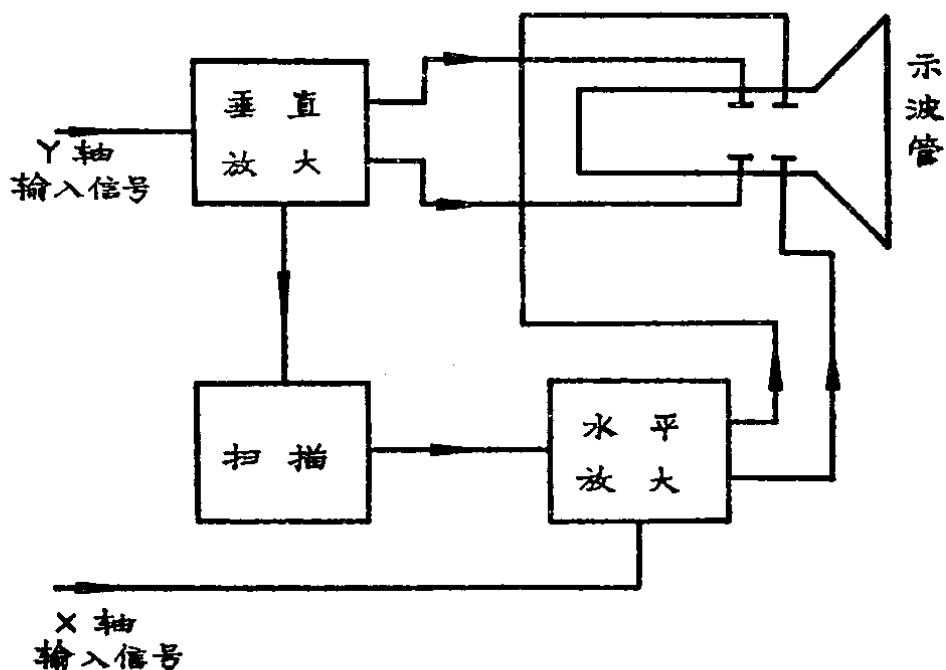


图1—1 示波器基本方框图

垂直放大将被测信号放大后送到示波管垂直偏转板，使光点在垂直方向上随被测信号的变化产生移动。扫描部分产生用作时基信号的锯齿波，经水平放大器放大后送到示波管水平偏转板。由于被

测信号是电压随时间的变化量，所以在垂直方向加被测信号，同时在水平方向加时基信号，两者合成的结果，使电子束描绘出电压随时间的变化规律，简称电压波形。

第一节 单踪单时基示波器

图（1—2）为单踪单时基示波器电路组成。一般分为下列三部分：

1. 从Y轴输入端，经输入电路，Y轴前置放大器、延迟线、Y轴后置放大器到示波管垂直偏转板，构成垂直系统（Y轴）；
2. 从触发输入端，经触发电路、扫描电路、水平放大器，到示波管水平偏转板，构成水平系统（X轴）。其中触发电路和扫描电路共同组成时基电路；
3. 包括示波管、高低压电源、增辉电路、调辉电路及校准信号电路等，构成主机。

为便于掌握单踪单时基示波器的工作原理，表（1—1）中列出各部分电路名称与电路作用。

图（1—3）中示出各部分波形及其控制作用。图（1—4）中示出各部分波形图。

为便于了解示波器原理和使用，表（1—2）中列出示波器主要控制件的作用。

第二节 双踪单时基示波器

在测量中，有时需要同时观测两个信号的波形（例如观测某电路的输入与输出信号波形），可用两种方法实现。

第一种方法是采用双枪示波管构成的双线示波器。这种示波器的电路结构与单踪示波器相似，只是具有两套独立的垂直系统和一套水平系统，使两束电子射线射到同一屏幕上，形成两条光迹，在

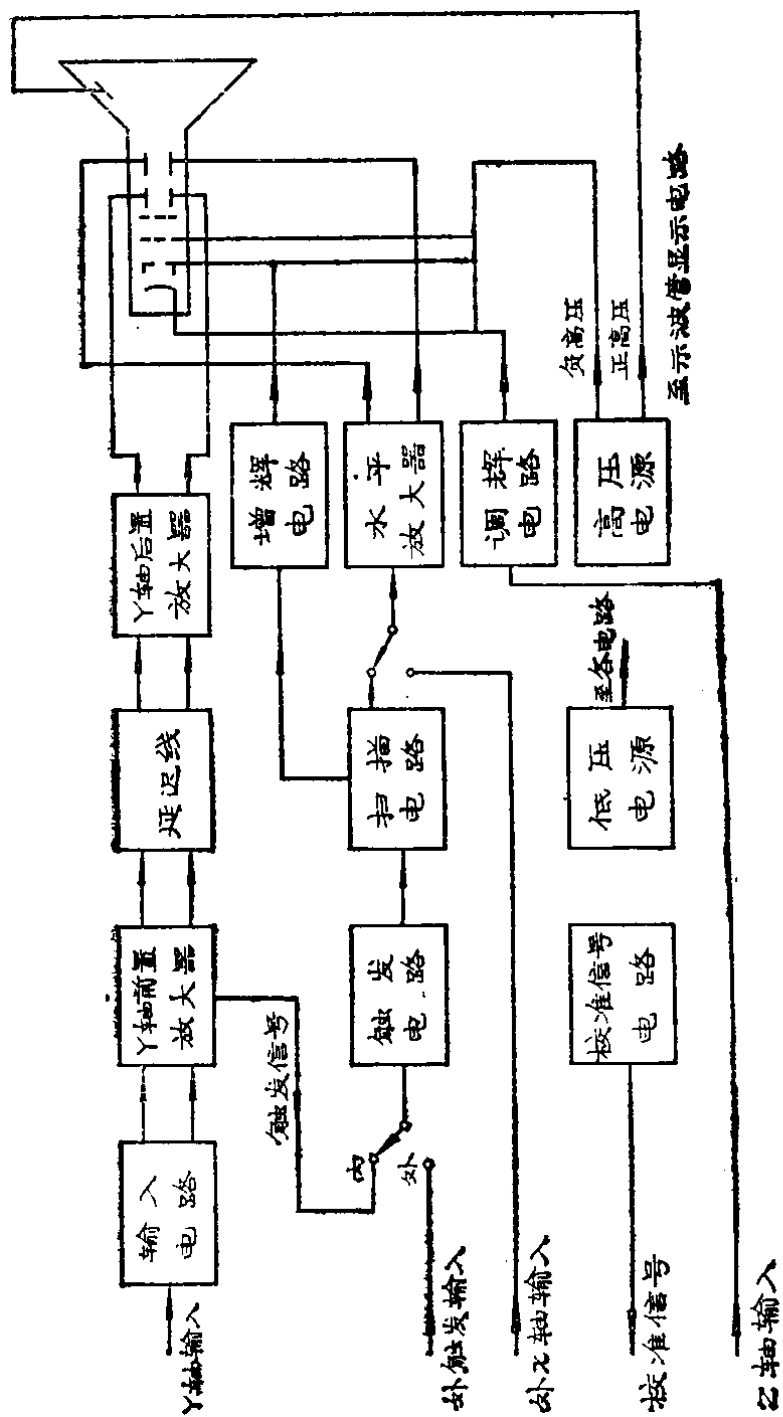


图1—2 单踪单时基示波器电路组成

表1—1

各部分电路名称与电路作用

电 路 名 称	电 路 作 用
主 机	示波器中除垂直系统和水平系统外,统称主机。其主要作用是供给其它系统各电路所需各种电压(包括显示电路用高压),以及为保证测试所必须的辅助电路
低 压 电 源	给各部分电路供给稳定的电源电压
高 压 电 源	给示波管显示电路供给高压。具有辉度、聚焦和辅助聚焦调节等控制作用
校准信号电路	是一种装在示波器内部的标准信号源,用来产生幅度和频率的校准信号,可以是方波、正弦波或脉冲波,从而对灵敏度、扫描时间因数和探极进行校准
增 辉 电 路	是产生增辉脉冲的电路,它能使屏幕上显示的波形只在扫描正程期间增加辉度,以保证清晰地显示波测信号
调 辉 电 路	将外调制信号或校准用的时标信号加到示波管控制栅极或阴极,使屏幕上显示的波形辉度发生相应变化,或称为Z轴调制
垂 直 系 统	是馈入被测信号的主要通道。将Y轴输入信号,放大或衰减到一定幅度,输出推挽信号,加到示波管垂直偏转板,使光点在屏幕垂直方向按输入信号幅度移动
输 入 电 路	具有输入耦合方式、高输入电阻和低输入电容,能适应Y轴输入信号的宽广动态范围,并将Y轴单端输入信号转换成推挽输出信号。具有灵敏度粗调、直流平衡等控制作用

续表

电 路 名 称	电 路 作 用
前置放大器	将Y轴输入信号给以适当放大,并从中取出内触发信号。具有灵敏度微调、灵敏度校准、Y轴位移等控制作用
延 迟 线	是具有延迟时间特性的一种传输线,给予Y轴信号以一定的延迟时间,以抵消水平系统引入的延迟,避免Y轴信号在扫描开始前到达垂直偏转板
后置放大器	将推挽信号,放大到足够幅度后,加到垂直偏转板,使光点在屏幕垂直方向按信号幅度移动
水 平 系 统	对应于触发输入波形上一定的电平点,产生随时间线性变化的扫描电压,放大到足够幅度,输出推挽信号加到水平偏转板,使光点在屏幕水平方向达到满偏转
触 发 电 路	将不同参数的触发输入信号,转换成幅度固定的触发脉冲。具有触发电平调节、触发极性转换、触发源选择、耦合方式选择、触发方式选择等控制作用
扫 描 电 路	在触发电路输出的触发脉冲作用下,产生随时间线性变化的扫描电压和增辉脉冲。具有扫描时间因数粗调、扫描时间因数微调、稳定度调节等控制作用
水 平 放 大 器	将扫描电压放大到足够幅度,输出推挽信号加到水平偏转板,使光点在屏幕水平方向达到满偏转。具有x轴位移、扫描扩展、扫描时间因数校准等控制作用

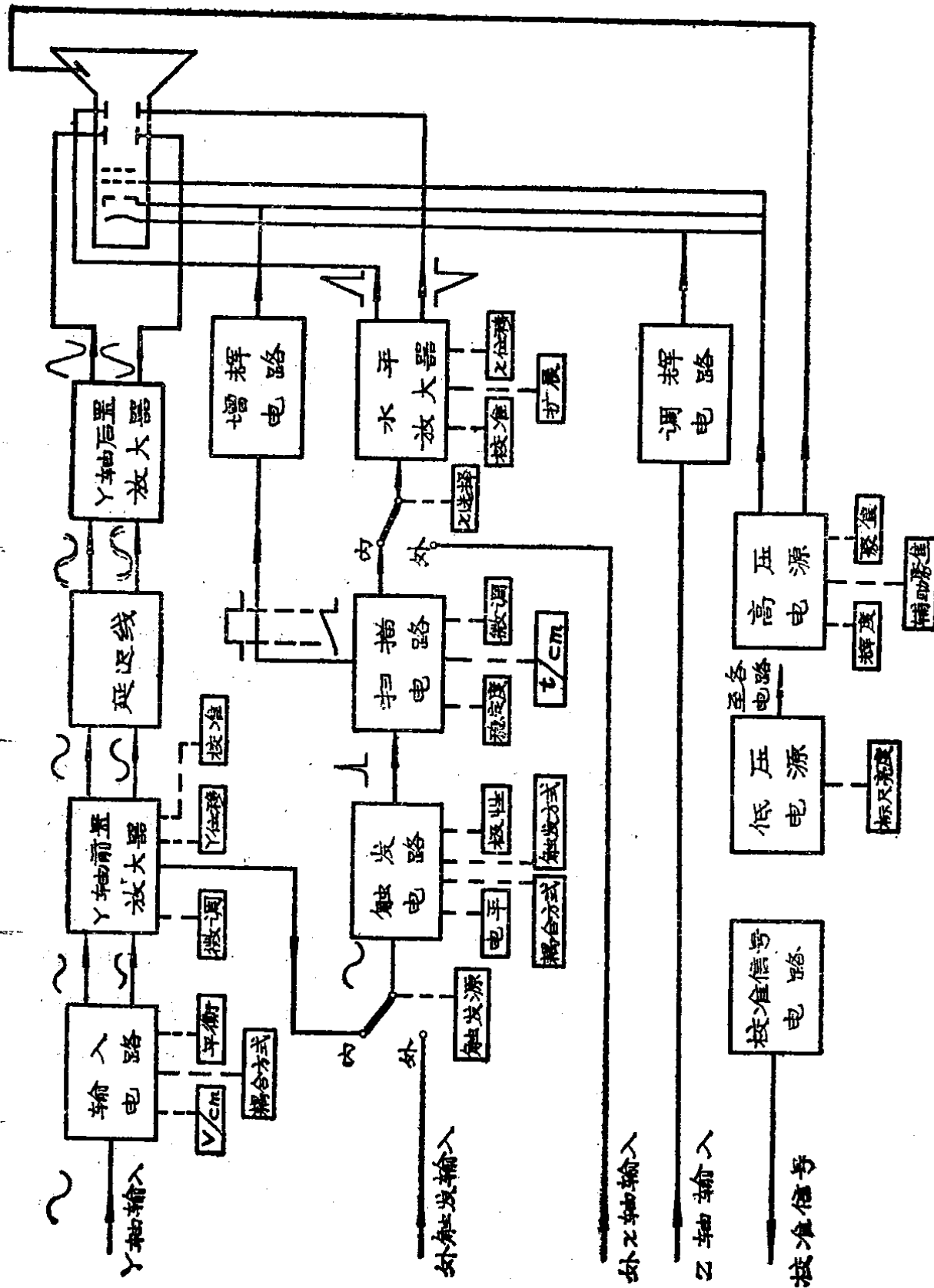


图1-3 各部分波形及其控制作用

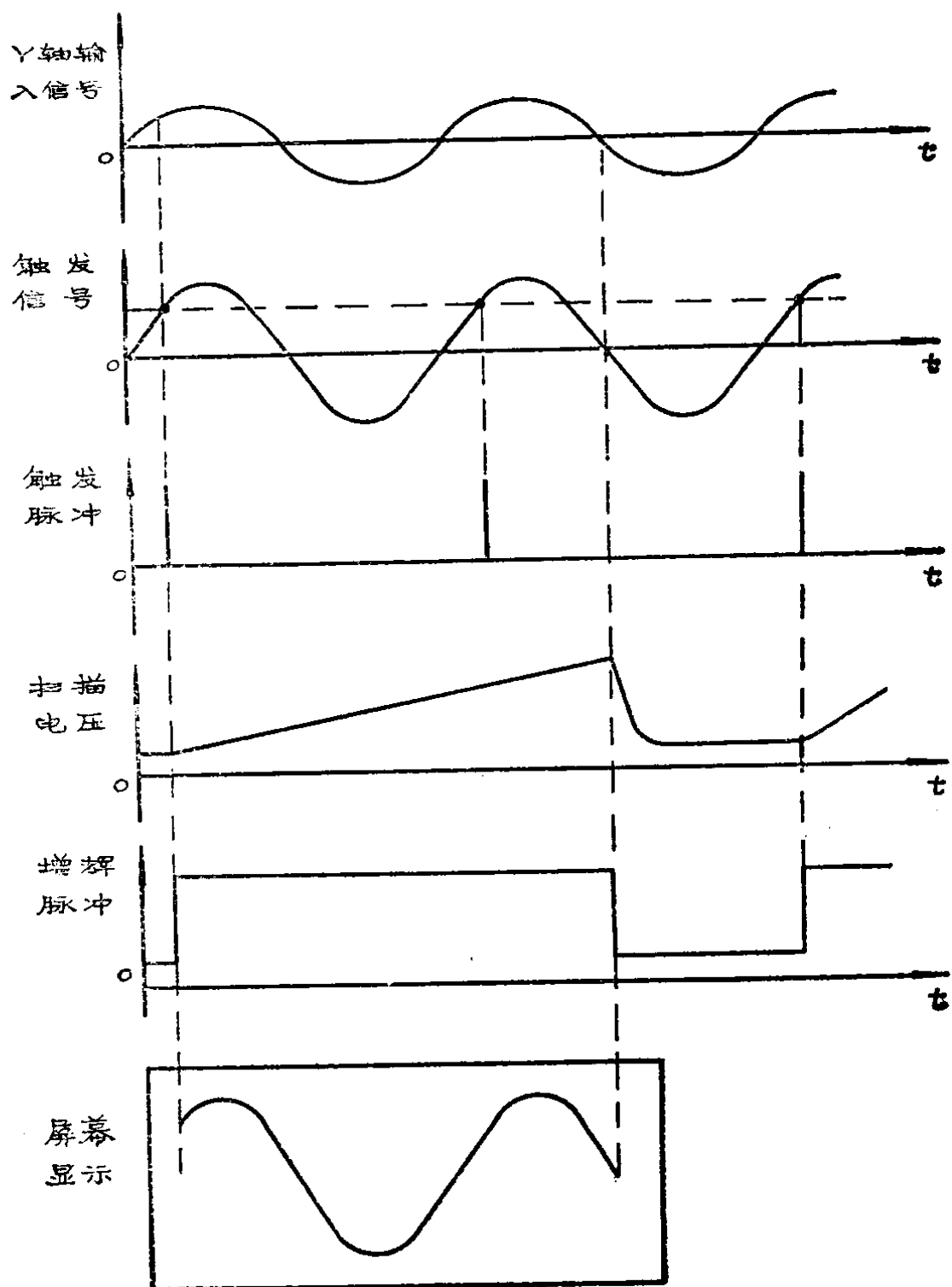


图1-4 各部分波形图

表1—2

控制件名称与控制件作用

控制件名称	控制件作用
辉度	调节示波管控制栅极与阴极之间直流电压, 以改变屏幕上光迹的明暗程度
聚焦	调节示波管聚焦极直流电位, 控制电子束在屏幕上会聚成一个清晰小光点
辅助聚焦	调节示波管加速极直流电位, 使光点在屏幕有效工作面内都成为一个清晰小光点, 通常与聚焦控制配合使用
标尺亮度	是改变座标片刻度的照明亮度及不同色别的装置
Y轴耦合方式	用于选择被测信号的输入耦合方式。一般分为直流(DC)和交流(AC)两种耦合方式。也有分为直流(DC)、交流(AC)和接地三种耦合方式
v/cm 或 v/div ①	用于灵敏度粗调。从最高灵敏度到最低灵敏度分成若干档级, 可按被测信号幅度, 选择适当档级
Y轴微调	用于灵敏度微调。调节垂直放大器增益, 以获得各灵敏度粗调档级之间的覆盖。作定量测试时应旋至校准位置
平衡	当Y轴输入电路出现不平衡时, 光迹将随Y轴微调控制产生垂直轴向移动, 通过调节平衡把这种移动调至最小

注① 由于示波管有效工作面的不同, 为了观测方便, 有时不采用 cm 进行刻度, 而以 div 表示。

续表

控制件名称	控 制 件 作 用
Y 轴 位 移	调节Y轴偏转板的直流电位，以改变光迹的垂直位置
Y 轴 校 准	用于校准垂直放大器总增益。当将Y轴微调旋至校准位置时，借助校准信号通过调节“Y轴校准”校准灵敏度标称值
t/cm或 t/div	是扫描时间因数粗调装置，用以调节扫描充放电时间常数。从最高到最低分成许多档级，通常按1—2—5顺序分档
X 轴 微 调	是扫描时间因数微调装置，用以调节扫描充放电的电源电压，以获得各扫描时间因数粗调档级之间的覆盖。作定量测试时应旋至校准位置
稳 定 度	用于调节闸门电路工作状态，使扫描过程中屏幕上显示稳定的波形
X 选 择	用于选择X轴信号源。在“内”位置，X轴信号取自机内扫描电路；在“外”位置，X轴信号取自外接信号源，此时示波器用作X—Y显示器
X 轴 校 准	是扫描时间因数校准装置，用以微调水平放大器增益。借助校准信号通过调节“X轴校准”校准扫描时间因数标称值
扩 展	是扫描加快的装置，通常以提高水平放大器增益的方法来实现，（一般为5倍或10倍），扫描线长度也扩展相应倍数
X 轴 位 移	调节水平放大器直流输出电位，使光迹在水平方向移动到所需位置
触 发 源	用于选择触发信号源。在“内”位置，触发信号取自垂直系统；在“外”位置触发信号取自外接信号源

续表

控制件名称	控制件作用
触发耦合方式	用于选择触发信号的输入耦合方式。在“交流(AC)”位置，触发信号的直流分量被切断；在“直流(DC)”位置，宜于变化缓慢的信号或窄脉冲进行触发；还有“交流高频抑制”和“交流低频抑制”两种耦合方式，它们分别用于防止高频或低频分量干扰，以获得稳定显示
电 平	用于选择输入信号波形的触发点，使在该电平点上启动扫描。当触发电平调至触发输入信号波形的电平范围以外时，不能形成触发扫描
极 性	用于选择输入信号波形的触发斜率。在“+”位置时，触发点在触发输入信号波形的上升部分（正斜率），并由此进行触发扫描；在“-”位置时，扫描电路由触发输入信号波形的下降部分（负斜率）进行触发扫描
触 发 方 式	根据不同目的或用途，可以有三种触发方式。在“常态”位置时，可用内触发信号或外触发信号进行触发扫描。无触发信号时，屏幕上无扫描线显示，高频时波形显示不稳定。在“自动”位置时，触发电路自激，产生低频自激多谐振荡。当触发信号频率高于自激频率时，形成触发扫描。当触发信号频率低于自激频率或无触发输入信号时，形成连续扫描，这时无触发输入信号时也可看到扫描线，它对观测较低频率的信号有利。在“高频”位置时，与“自动”相似，因自激频率较高，对观测较高频率信号有利

屏幕上同时显示出两个波形。

这种示波器的主要优点是可以观测两个同时出现的快速单次瞬变过程。其缺点是需要特殊的示波管，要增加一套垂直系统。毕竟，同时观测两个单次波形的情况比观测一个单次波形的情况要少得多，其中一束电子射线和一套垂直系统经常是多余的，因而形成