

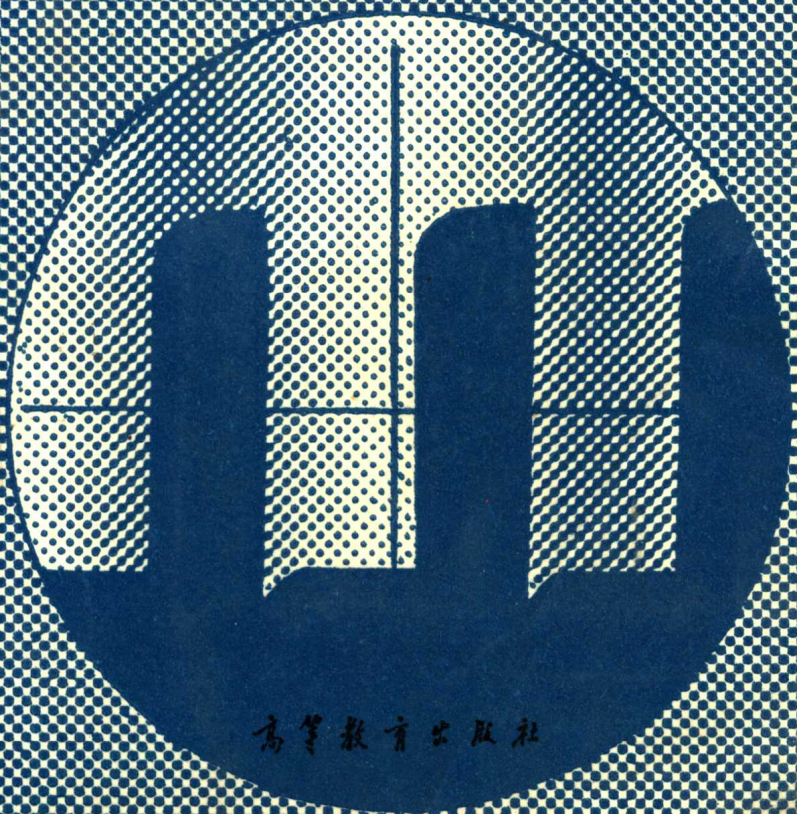
高等学校教材

电子线路实验

(第二版)

梁明理 魏慧如 主编

周德平 董尚斌 魏慧如 梁明理 编



高等教育出版社

=2

高等学校教材

电子线路实验

(第二版)

梁明理 魏慧如 主编
周建平 董尚斌 魏慧如 梁明理 编

高等教育出版社

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

电子线路实验/梁明理主编;周建平等编. —2版. —北京:高等教育出版社,1995

ISBN 7-04-005676-3

I. 电… II. ①梁… ②周… III. 电子线路-实验 IV. T
N710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 16938 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:4014048 电话:4054588

新华书店总店北京发行所发行

高等教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 8 字数 170 000

1979 年 4 月第 1 版

1996 年 4 月 2 版 1996 年 4 月第 1 次印刷

印数 0 001—7 715

定价 6.20 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

第二版序

本书自1979年第一版问世以来,在兄弟院校和广大读者的关注下,连年重印,发行不断,累计印数超过20万册。为了适应电子技术的迅速发展和教学改革不断深入的要求,根据国家教委“八五”教材规划的安排,我们组织修订了第二版。

新版是在魏慧如、张梦涛、陈端刚编写的第一版的基础上,通过教学实践、修改增删和充实提高写成的。新版力求保持简明教材、利于教学和便于实现的特色,是一本适用于课时较少的电子线路实验课程的教材,适用于36~60学时的教学计划。新版在内容上作了更新,它以分立元件和小规模集成电路引路,向中规模集成电路深入来组织内容。为了加强基本概念和基本训练,书中仍安排了一定数量的实验采用分立元件。为了进一步提高学生分析问题、解决问题的和动手的能力,书中还安排了三个较为大型的综合性的实验。

采用新版无须更新仪器设备,使用常用的电子仪器,即可开出书中的大部分实验。采用通用的模拟电子线路实验装置板和数字电子线路实验装置板可灵活地搭接实验线路,而不需采用焊接的方法逐个装成固定的实验装置。

本书与梁明理主编的《电子线路》(第三版)是互为配套的教材,两书的图形和文字符号一致,都采用了新的国家标准。因此本书不再列出冗长的符号表。

本书编出后先印成校内教材,在武汉大学物理系试用过三届,教学效果良好。本书实验一、二、二十、二十一由魏慧如编写,实验三、四、六、七、八、十至十四、二十三由周建平编写,

实验五、九、十五至十九、二十二由董尚斌编写,梁明理、魏慧如担任主编,负责全书的定稿和编写组织工作。

吉林大学杨崇志教授审阅了本书全稿,提出了许多宝贵的修改意见,为我们进一步提高本书的质量给予很大的帮助,在此谨向杨教授致以衷心的感谢。

在新版的修订中,虽然作了很大的改进,但与迅速发展的电子技术和不断深入的教学改革的要求相比,仍有差距,敬请读者对书中的错误和不妥之处给予批评指正。

编 者

于武汉大学物理系、电子信息学学院

湖北,430072

1995年3月

第一版序

由于电子学的迅速发展及其在物理学中的广泛应用,物理学工作者不仅需要掌握电子学的基础理论知识,还必须具有一定的实际工作能力。因此,在学习“电子线路”课程时,做好电子线路的实验是一个重要的环节。通过实验使学生进一步理解电子线路的工作原理,学会使用常用的电子仪器,掌握基本的无线电测量方法和安装、调整电路的基本技能。具体要求如下:

1. 正确地 and 比较熟练地使用常用的电子仪器。
2. 掌握一些常用元器件参数的测量方法以及电路的基本特性的测量方法。
3. 能对稍为复杂的电路正确地安装和调整,检查和排除常见的故障,使电路工作正常。
4. 能运用基础理论知识正确地分析实验中所发生的各种现象,正确地整理、分析实验结果和数据。

根据编写大纲的要求及本书所涉及的范围,实验内容大致可分为五个方面:一、基本实验方法的训练,包括练习使用基本仪器、学习安装焊接等;二、晶体管单元线性电路实验;三、晶体管多级电路及综合电路实验;四、脉冲与集成电路实验;五、电子管整机电路实验。选取这些内容是想使得本课程既能跟上电子学的迅速发展又能照顾当前的实际情况,以适应生产和科研的需要。本书共有 20 个实验,大约可分为 25 次实验,每次实验约为 3 学时(课堂学时)。每个实验的必做内容和选做内容没有单独列出,以便于各校根据具体实验条件自

DAC 79/61

行确定。

本书根据 1977 年高等学校理科物理教材会议通过的“电子线路实验教材编写大纲”，由魏慧如、张梦涛、陈端刚合编。由于编写时间仓促，加上实验条件和水平的限制，必定有缺点和错误，希读者给以批评和指正。

武汉大学电子线路教材编写组

1979 年 4 月

目 录

实验一	常用电子仪器的使用	1
	附录 1-1 示波器的主要技术指标	24
	附录 1-2 低频信号发生器的主要技术指标	26
	附录 1-3 低频毫伏表的主要技术指标	27
	附录 1-4 JW-2 型直流稳压稳流电源使 用说明	27
实验二	阻容耦合放大器	30
实验三	负反馈放大器	42
实验四	射极输出器	55
实验五	差动放大器	62
实验六	互补对称功率放大器	71
实验七	集成运放在模拟运算方面的应用	80
实验八	集成运放在波形产生方面的应用	92
实验九	RC 桥式正弦波振荡器	101
实验十	门电路的逻辑变换及其简单应用	112
实验十一	组合逻辑电路的设计	119
实验十二	全加器	124
实验十三	移位寄存器	134
实验十四	计数、译码及显示	143
实验十五	三端可调集成稳压电源	154
实验十六	LC 正弦波振荡器	161
实验十七	调幅与检波	170
实验十八	鉴频电路	182
实验十九	555 脉冲电路	193

实验二十	示波器中的扫描与同步	203
	附录 20-1 通用示波器扫描电路的组成 与调节	211
实验二十一	基本数字电压表	216
实验二十二	装饰灯控制器	227
实验二十三	简单的计时数字系统	236
附录 I	安装和焊接基本知识	242
附录 I	电阻器与电容器的主要性能参数	245
参考文献	248

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

1. 了解示波器的工作原理,初步掌握用示波器观察信号波形和测量波形参数的方法。

2. 了解低频信号发生器和低频毫伏表的工作原理,初步学会正确使用这两种基本仪器。

二、仪器的工作原理及使用方法简介

示波器、低频信号发生器和低频毫伏表是测量、调试电子线路的基本常用仪器,几乎每次实验都要用到这些仪器,能够熟练地、正确地使用这些仪器,是做好电子线路实验的保证。下面分别介绍这些仪器的一般工作原理和使用方法。

I. 通用示波器的工作原理

通用示波器是一种能显示各种周期性变化的电信号波形的电子仪器。常用来测量交流信号的幅度、频率、相位差等波形参数,也可用来测量直流信号的电压,若配以传感器还能对温度、压力、声、光等非电量进行测量。示波器具有灵敏度高、工作频带宽、速度快和输入阻抗大等优点,在近代测量技术中,是一种不可缺少的电子测量仪器。

通用示波器主要由示波管显示电路、垂直放大系统、水平放大系统、扫描发生器及高、低压电源等几部分组成,其方框图如图 1-1 所示。

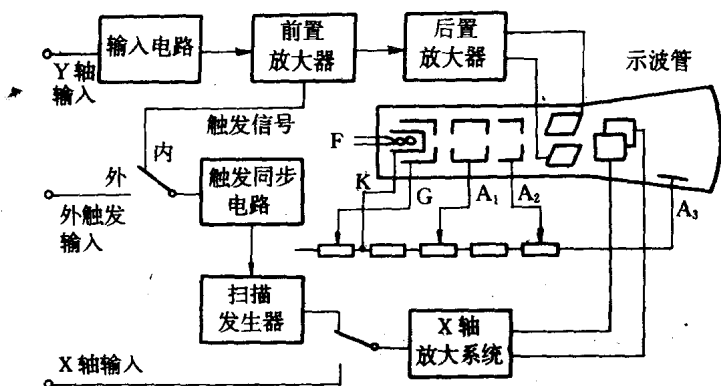


图 1-1 通用示波器方框图

1. 信号的显示

(1) 示波管的工作原理

示波管是示波器的核心部件,它由电子枪、偏转系统和荧光屏三部分组成。

① 荧光屏是在玻璃壳平面内壁涂有荧光粉的屏幕,它在电子束高速轰击下,电子的动能转换为光能发出荧光,以显示波形。

② 电子枪由灯丝 F、阴极 K、控制栅极 G、第一阳极 A₁、第二阳极 A₂ 和第三阳极 A₃ 组成。除灯丝外其余电极的结构均为金属圆筒形,且所有电极的轴心都保持在同一轴线上。

阴极被灯丝加热后发射出大量电子,这些电子穿过控制栅极后,受到第一、第二阳极的聚焦和加速作用,形成一束聚集在一起的高速电子束。电子束穿过 X、Y 两对偏转板,射向荧光屏,荧光屏就显示一个光点。

光点的亮度与通过控制栅极中心小孔的电子流密度成正比。由于控制栅极的电压低于阴极电压,因而通过调节控制栅

极的电压就可改变光点的亮度,称为“辉度”调节。

光点的聚焦程度(即波形的清晰度)取决于第一、第二阳极间不均匀电场形成的电子透镜的焦距,因而调节第一阳极或第二阳极的电压,均能改变焦距(以第一阳极为主),影响光点在荧光屏上的聚焦,所以这种调节分别叫做“聚焦”和“辅助聚焦”调节。

③偏转系统位于第二阳极与荧光屏之间,由两对互相垂直的偏转板组成,分别称为垂直(Y)和水平(X)偏转板。当垂直和水平偏转板都没有加电压时,电子束穿过它们直射到荧光屏的中央,在荧光屏的中心出现亮点,如图 1-2 中的 O 点。当偏转板上加上直流电压,电子束受两板间电场力的作用,其运动方向就会偏离中心轴线,光点在荧光屏上产生位移,如图 1-2 中的 O' 点。偏移的方向和所加电压的极性有关,偏移的距离与所加电压的大小成正比。因此调节两对偏转板上的电压,就能使光点上、下移动或左、右移动,这就是调节示波器上的“Y 轴位移”或“X 轴位移”。

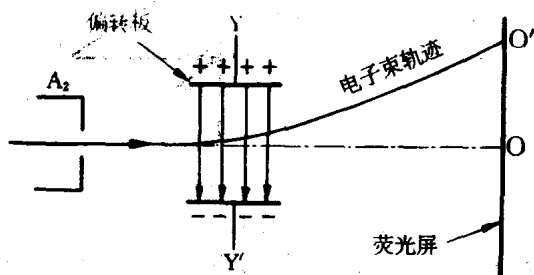


图 1-2 电子束通过偏转板后的轨迹

如果将交流信号单独加在垂直或水平偏转板上,电子束受交变电场作用就围绕中心轴线来回摆动,荧光屏上将显示一条垂直线或水平线。此时,若调节“Y 轴位移”将使这条亮线

上、下移动。

(2) 示波原理

为了观察信号波形, 应将被观测的信号电压加在垂直偏转板上, 同时必须在水平偏转板上加一幅度与时间呈线性变化的周期性电压(称为锯齿波电压或扫描电压), 用 X 轴模拟时间轴。由于 X、Y 两对偏转板均加有周期性变化的电压, 电子束同时受到相互垂直的电场力的作用, 则在荧光屏上显示出被观测信号电压随时间而变化的波形图, 如图 1-3 所示。

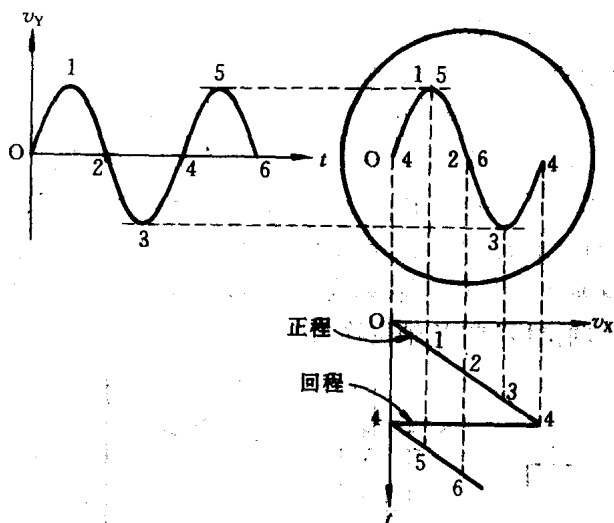


图 1-3 示波原理图

从图 1-3 可以看出, 当扫描电压第一个周期结束时, 电子束正好描绘出一个周期的信号波形, 而且又返回到起始点, 开始第二个周期的扫描, 光点的轨迹和第一个周期完全重合。此后, 每次扫描的图形都完全重合, 所以荧光屏显示出清晰、稳定的一个周期的波形。由此可得出结论: 只有当扫描电压周期 T_x 是被测信号周期 T_y 的整数倍, 即 $T_x = nT_y$ (n 为正整

数)时,才能在荧光屏上显示出 n 个稳定的波形。图 1-3 所示为 $n=1$ 的情况。

(3) 示波器的同步概念

当 T_x 与 T_y 之间不是整数倍关系时,荧光屏上显示的波形会出现移动和重叠的现象,如图 1-4 所示。由图可见,当扫描电压周期 T_x 略小于被测信号周期 T_y 的整数倍时 ($T_x = \frac{7}{4}T_y < 2T_y$),显示的波形向右移动,反之,当 T_x 略大于 T_y 的整数倍时 ($T_x = \frac{9}{4}T_y > 2T_y$),显示的波形向左移动。显然 T_x 越接近 T_y 的整数倍时,显示的波形移动得越慢。

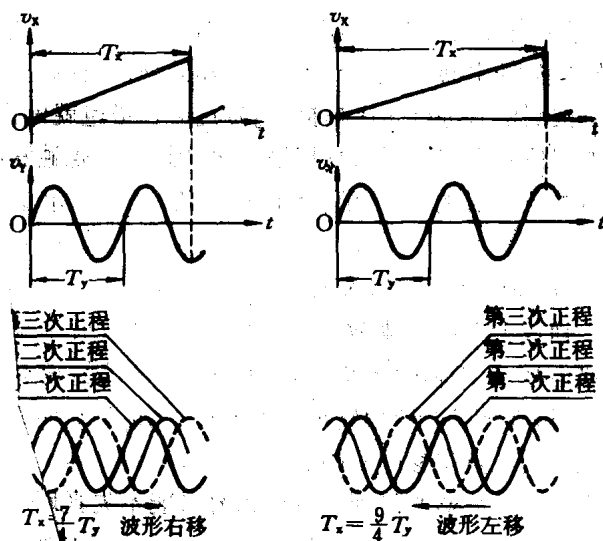


图 1-4 $T_x \neq nT_y$ 时波形移动情况

为了观测稳定的被测信号波形,必须要始终保持 $T_x =$

nT_y 的关系。但实际上被测信号与扫描电压是来自两个不同的信号源,其周期之间的整数倍关系长时间保持绝对稳定是不可能的。必须设法引入另一个幅度可调的信号来控制扫描电压的周期,强迫它与被测信号的周期保持 $T_x = nT_y$ 的关系,这种作用称为“同步”,这个强迫信号称为“同步信号”或“同步电压”。

对于简易示波器,只需在其扫描电路中,输入一个与被测信号的频率相等或相关的同步信号,当此同步信号的频率接近扫描电压频率的整数倍时,就能实现同步功能。

现代通用示波器广泛采用触发扫描(等待扫描)实现“同步”。其特点是每次扫描均由被测信号(或与被测信号相关的信号)产生的触发信号去启动。当被测信号到来时,触发信号就触发扫描发生器,使之产生一个周期的锯齿波电压(扫描电压),对被测信号进行一次扫描,信号过去扫描也就停止,下一个被测信号到来时再重复扫描一次。因此,只要触发信号的产生与被测信号的同一相位点保持一致,就能显示稳定的波形。

2. Y轴放大系统和X轴放大系统

Y轴放大系统用来放大被测信号,X轴放大系统用来放大扫描电压或X轴输入信号,以保证Y、X偏转板有足够的偏转电压,满足示波管偏转灵敏度的要求,达到能明显地观察到荧光屏上光点位移的目的。

为了使示波器既能观察微弱信号又能不失真地观察大信号,Y轴放大系统的输入级有一组衰减器(称为“衰减”,又称“Y轴灵敏度”),用来衰减大信号。其前置放大级具有很大的输入阻抗,使示波器对被测信号电路的影响小,而且放大倍数可以调节,称为“Y轴微调”。

3. 扫描发生器

扫描发生器用来产生幅度与时间成线性关系的锯齿波电压,此电压加到 X 轴偏转板,使光点沿水平方向随时间线性偏移形成时间轴,以显示被测信号随时间而变化的波形。现代通用示波器的扫描电路至少包含有触发同步电路和锯齿波电压产生电路。

触发同步电路为锯齿波电压产生电路提供触发脉冲。触发脉冲要有一定的幅度、宽度、陡度和极性,并与被测信号有严格的同步关系。因此在使用中,同步电路的选择与调节项目较多,有触发源选择、触发方式选择、触发极性选择、耦合方式选择与触发电平调节等多项选择与调节。

I. 通用示波器的调节

虽然通用示波器的型号很多,外形结构各异,但其电路的基本结构是相同的,所以其基本调节方法和基本操作程序也是相同的。掌握基本方法后,对于各种不同型号的通用示波器,只要注意到其差异点,就能举一反三地进行操作和使用。

相对于其它常用电子仪器而言,通用示波器面板上的旋钮较多,意味着可供选择与调节的项目较多。为了较快地掌握示波器的使用方法,对初学者要求每操作一个旋钮(或开关)都要与电路原理相联系,要有的放矢地去调节。现以图 1-5 中 XJ4316 型双踪示波器的面板图为例,介绍通用示波器的操作程序。

1. 旋钮(或开关)功能

XJ4316 型通用示波器为双踪示波器,它有两个垂直放大通道(Channel)CH₁ 和 CH₂,能同时显示两个输入信号的波形。对该仪器面板上旋钮(或开关)功能的说明,见表 1-1。

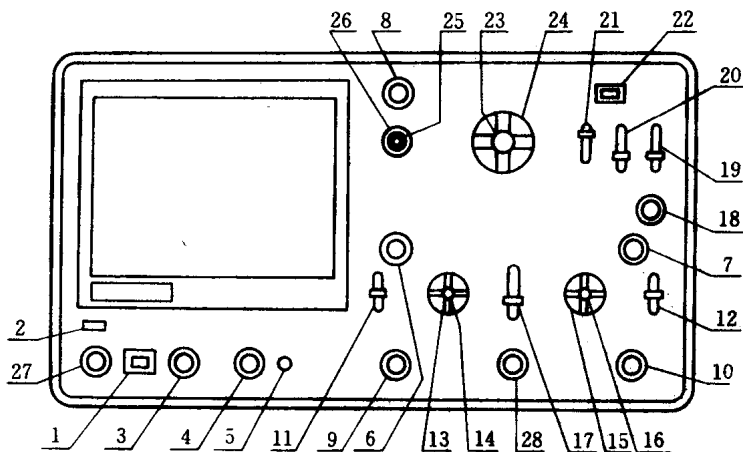


图 1-5 XJ4316 型二踪示波器面板图

表 1-1 XJ4316 型二踪示波器面板图说明

电路	序号	旋钮或开关名称	功能
电源	1	电源 POWER	电源总开关, 拨入为接通
	2	指示灯	电源接通发绿光
示波管电路	3	辉度 INTEN	控制荧光屏光速亮度, 顺时针旋转为增亮
	4	聚焦 FOCUS	使电子束聚焦在屏上, 拨圈、小、清晰
	5	光速旋转 TRACE ROTATION	使扫描基线与刻度水平, 平行
	6	Y ₁ 位移 POSITION	控制 CH ₁ 光速在垂直列的位置, 顺时针旋转时光速移
	7	Y ₂ 位移 POSITION	控制 CH ₂ 光速在垂直列的位置, 顺时针旋转时光速上移, 拉出时, 显示波形极性反
	8	X 位移 POSITION	控制光速在水平列的位置