

西安交通大学电子学教研室 编

何金茂 主编

电子技术基础实验

高等教育出版社

294567

电子技术基础实验

西 交通大学电子学教研室 编

何金茂 主编



高等教育出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部1980年制定的高等工业学校《电子技术基础教学大纲》(草案),在西安交通大学电子学教研室多年来实验教学的基础上,参阅了国内多所兄弟院校的实验指导书后编写而成的。本书共选编了32个实验,其中模拟电子技术实验19个,数字电子技术实验13个,在附录中还对一部分实验仪器和元、器件作了介绍。学生可通过实验掌握通用电子仪器的使用方法、电子线路的基本测试方法、理论验证以及了解元、器件的使用知识。

在编写时适当考虑了本实验教材的通用性,增加了一些实验,以供选择。对于实验学时较多的班级,还给出了若干综合性和设计性实验。

本书可作为电力类、自动化类以及相近专业的电子技术基础课程实验教材。也可供有关教师及科技工作者参考。

电子技术基础实验

西安交通大学电子学教研室 编

何金茂 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

二二〇七工厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 11.5 字数 260,000

1984年4月第1版 1984年10月第1次印刷

印数 00,001—16,400

书号 15010·0584 定价 1.85 元

前 言

本书是根据1980年2月在昆明召开的高等学校工科电工教材编审委员会电子技术基础编审小组扩大会议的决定,为高等工业学校电力类与自动化类专业编的实验教材。

本书的模拟部分选编了19个实验,数字部分选编了13个实验。其中包括:(1)通用电子仪器的使用。以使用示波器为主,作为对学生的基本要求,应能达到正确地使用面板上的旋钮。考虑到各校的示波器种类不一,所以在模拟部分和数字部分分别编写了SB-10型、ST-16型和SBT-5型、SR-8型示波器的使用练习,只要求学生掌握其中一、二种即可。除示波器实验本身外,在其他实验中也应对示波器反复使用,以求巩固。(2)基本的测试方法和必要的理论验证。模拟部分:静态工作点、放大倍数、输入电阻、输出电阻、 f_i 、 f_h 等的测试方法,要求学生能熟练掌握。数字部分:组件逻辑功能的验证(单次脉冲法和时序波形法)、脉冲波形的参数以及高、低电平的测试等都是对学生的基本要求。(3)元、器件的使用知识。主要是二、三极管的参数,集成运放的参数、TTL参数的测试,以及选择常用电阻器、电容器的基本知识。对于一个经常接触电子电路的工程技术人员来说,这些都是必不可少的。(4)综合性和设计性实验。这是考虑到有较多实验学时的班级而编写的。这一类实验在模拟部分有:运放的应用、稳压电源以及实验1·19的设计性实验;在数字部分有:串行累加器、电子秒表、A/D转换电路等。

各校可根据自己的情况选做若干个实验。建议下列实验可优先选做:模拟部分,实验1·1(或1·2)、1·3、1·4、1·5、1·6、(实验1·5和1·6可合做)、1·7(或1·8)、1·9、1·10(或1·11或1·12)、1·13、1·14、1·15;数字部分,实验2·1(或2·2)、2·3、2·4、2·5、2·6、2·7(或附录中时基5 G1555应用电路)、2·10。

考虑到本书的通用性,所用的集成运算放大器和数字组件在本书的正文中未列出型号,而在实验设备一项中给出了可选用的组件和型号,并在附录中给出了管脚、参数等供读者参考。附录A是配合模拟部分实验的;附录B是配合数字部分实验的;附录C是常用电阻、电容元件的使用知识。

实验原理部分着重叙述与测试有关的原理,凡教科书中已有的,本书中只写出结论。读者可参阅高等教育出版社出版的下列教材:《模拟电子技术基础》上、下册(童诗白主编,)、《数字电子技术基础》上、下册(阎石主编);以及《电子技术基础》上、下册(康华光主编,第二版),或各校自编的教材。

在实验前应要求学生做好实验预习报告,包括回答预习要求中的思考题、是非题或计算题,以便教师检查同学预习的情况。实验完毕后应做出完整的实验报告,除预习报告外,还应有实验电路、实验数据及其处理、曲线或波形,一般还要求回答“实验报告”部分中提出的一些问题,以加深对实验结果的理解。

每个实验控制在 3 小时内完成。书中凡有“*”号的实验内容，如时间不够可以不做。我们建议在做完几个基本实验后，做几个较大型的实验或设计性的实验，以加强设计计算、仪器选择以及安装调试实验电路等基本技能的综合训练。

本书是在西安交通大学电子学教研室多年实验教学的基础上，参阅了国内兄弟院校指导书统编而成的。由林雪亮、张锡庚、王忠民、方乐毅四位同志分工编写，何金茂教授负责主编和定稿。沈尚贤教授和教研室其他同志在编写过程中给予多方指导。清华大学、华中工学院、浙江大学、南京工学院、大连工学院、山东工学院、上海工业大学等 30 多所兄弟院校提供了实验指导书，对编写本书给予了很大的帮助。本书由浙江大学邓汉馨教授为首的审稿小组审阅，并逐个做了实验，提出了很多宝贵意见。附录 C 中常用电阻、电容元件使用知识，承蒙西安交通大学元件教研室吴德明、吕乃康两位同志过目，并提出宝贵意见。描图是由西安交通大学印刷厂刘淑琴同志承担的。在此一并致以衷心感谢。由于我们水平不高，书中一定有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1983 年 9 月

目 录

I 模拟电子技术实验

实验 1-1 SB-10 型示波器的使用.....1	实验 1-11 推挽功率放大器.....36
实验 1-2 ST-16 型示波器的使用.....4	实验 1-12 互补对称功率放大器.....39
实验 1-3 测试晶体二、三极管.....10	实验 1-13 结型场效应管的特性及源极输出器.....44
实验 1-4 晶体管单管放大器.....12	实验 1-14 集成运放组件的参数测试.....47
实验 1-5 多级放大器.....15	实验 1-15 集成运放组成的基本运算电路.....51
实验 1-6 多级放大电路中的负反馈.....21	实验 1-16 集成运放组成的积分器.....56
实验 1-7 分立元件文氏电桥振荡器.....24	实验 1-17 集成运放组成的比较器、三角波发 生器及压控振荡器.....59
实验 1-8 集成运放组成的文氏电桥振荡器.....29	实验 1-18 晶体管串联型稳压电源.....63
实验 1-9 差动放大器.....30	实验 1-19 设计性实验.....67
实验 1-10 单管甲类功率放大器.....33	

II 数字电子技术实验

实验 2-1 SBT-5 同步示波器的使用和脉冲 参数测量.....75	多谐振荡器.....90
实验 2-2 SR-8 同步示波器的使用和脉冲 参数测量.....77	实验 2-8 分立元件脉冲电路——双稳、单稳 及多谐振荡器.....92
实验 2-3 TTL 与非门参数测试.....81	实验 2-9 寄存器及串行累加器.....94
实验 2-4 组合逻辑电路.....84	实验 2-10 CMOS 计数、寄存及译码显示电路.....96
实验 2-5 触发器.....85	实验 2-11 电子秒表.....98
实验 2-6 计数器.....88	实验 2-12 追随比较型 A/D 转换电路.....100
实验 2-7 用集成与非门构成的微分单稳触发器和 多谐振荡器.....90	实验 2-13 奇偶校验电路.....102

附录 A 模拟电路常用仪器和器件简介

A1 示波器显示原理简述.....104	A6 XD2 型低频信号发生器.....123
A2 SB-10 型示波器简介.....106	A7 XD22 型低频信号发生器.....126
A3 ST-16 型示波器的使用说明.....110	A8 数字繁用表——PM2517X.....128
A4 JT-1 型晶体管特性图示仪.....116	A9 半导体集成电路型号命名方法.....129
A5 DA-16 型晶体管毫伏表.....122	A10 常用集成运算放大器.....130

附录 B 数字电路常用仪器和器件简介

B1 示范实验.....133	B5 脉冲信号发生器.....146
B2 同步示波器与 SB-10 型示波器的区别.....134	B6 常用 TTL、CMOS、显示器件简介.....152
B3 SR-8 双踪示波器(同步示波器).....136	B7 时基电路 5G1555 及其典型应用.....162
B4 SBT-5 同步示波器.....143	

附录 C 常用阻、容元件使用知识简介

C1 常用电阻器、电容器型号命名方法·····165	C7 常用固定式电容器工作电压系列·····173
C2 常用电容器的一般性能·····167	C8 固定式电容器标称容量系列·····174
C3 常用电阻器的一般性能·····169	C9 固定电阻器、电容器色标法和文字表示法 简介·····174
C4 常用电位器·····171	C10 电子线路中常用电阻器、电容器图形符号···177
C5 常用电阻器、电位器、电容器标称值系列·····171	C11 敏感元件型号命名方法简介·····177
C6 电阻器、电位器额定功率系列·····172	

I 模拟电子技术实验

实验1.1 SB-10 型示波器的使用

一 实验目的

- 1 熟悉 SB-10 型示波器各旋钮和接线柱的作用。
- 2 练习示波器的基本应用: 显示电压或电流波形; 测量频率等。

二 实验原理

图 1.1.1 和 1.1.2 分别为显示电压波形和测量频率连线图。

1 显示电压波形

图 1.1.1 显示电压波形, 为此, 在 X 轴偏转板上必须加上锯齿波电压, 又称扫描电压。为了在荧光屏上呈现稳定波形, 必须始终保持 $T_x = nT_y$ 的整数倍关系。这就要加上适当的整步电压, 完成整步作用。

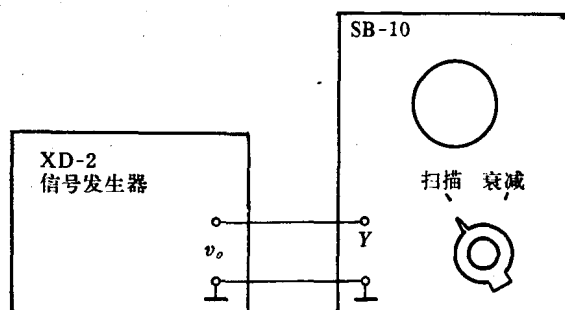


图 1.1.1

2 利萨如图形法

图 1.1.2 为测量信号频率的连线图, 其原理为利萨如图形法。当示波器 Y 轴加待测频率信号, X 轴加已知频率信号时, 可从荧光屏上呈现的各种波形算出待测信号的频率。(参阅附录 A3 的频率测量部份)。

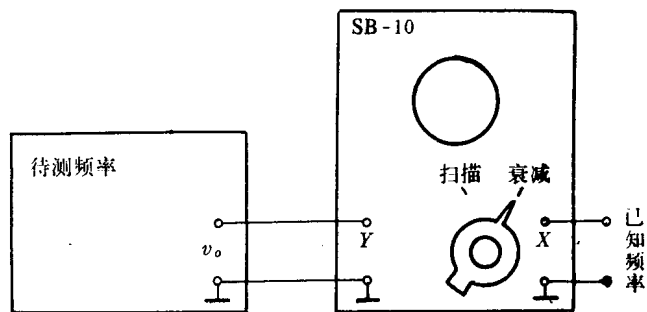


图 1.1.2

三 预习要求

阅读本指导书附录 A1 及 A2, 并回答下列问题。

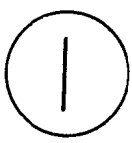
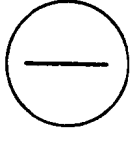
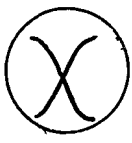
- | | | |
|-----|---|---|
| (1) |  | 1 为什么有时 Y 轴输入端加了被测电压, 荧光屏上只有一条垂直线[见图 1.1.3(1)]? |
| (2) |  | 2 有时荧光屏上只看到一条水平线 [见图 1.1.3(2)], 这是为什么? |
| (3) |  | 3 当用“外整步”, 而“整步输入”接线柱未加外来电压时, 荧光屏上波形始终慢慢移动, 稳定不下来, 这是什么原因? 应该怎样使波形稳定下来? |
| (4) |  | 4 荧光屏上看到的波形如图 1.1.3(4)所示, 如何调出一个正弦波来? |

图 1.1.3

- 5 要在荧光屏上呈现稳定波形, 扫描范围、扫描微调、整步增幅三个旋钮调节的顺序应为:

整步增幅旋钮应该从____到____调节, 到波形稳定为止。

- 6 Y 轴衰减开关, 在一般测量(显示)波形时, 应从____到____。而 Y 轴增幅旋钮则应从____到____。

7* 用内整步先后观看两个相位不同而频率相同的电压, 为什么不能从所显示的两个波形比较出它们的相位差? 应该怎样测试才可以?

- 8* 估算图 1.1.4 中 V_{oa} 与 V_o 的相位差。

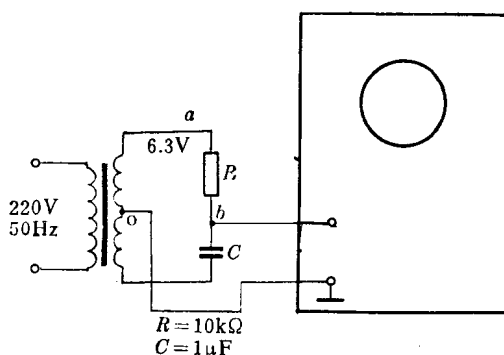


图 1·1·4

四 实验内容及步骤

1 观察试验电压波形

操作示波器。用示波器面板上的**试验电压**接线柱输出的电压，作为被测电压 V_Y 加到 Y 轴输入端，使屏上分别显示出清晰、稳定的一个周期和两个周期的波形。

2 观察信号源输出电压波形

调节信号发生器的输出信号约为 1 V 、 10 kHz ，加到 Y 轴输入端，若要显示四个周期的波形，扫描频率 f_X 应为何值？操作示波器调出波形。

3 用利萨如图形法测频率

X 轴输入端不加锯齿波电压（扫描电压），而将被测电压 V_Y 同时加到 X 轴和 Y 轴输入端，调到荧光屏上出现一条 45° 的斜线。

4* 测量 RC 移相电路相位差。

(1) 当**整步选择开关**置于**电源**位置，如图 1·1·4。调节有关旋钮在荧光屏上显示一个周期的稳定波形，并记下波形的位罝。然后，拆去 bY 连线，改接成 aY 连线，并记下波形的位罝。试比较并估计二个波形的相位差。（方法见附录 A 3，相位测试部分）。

(2) 当**整步选择开关**置于**内**位置，同上步骤，试比较其相位差。

五 实验报告

- 1 记下实验步骤 1、2、3 中调出波形时示波器上各种开关和旋钮的位置。
- 2 回答预习要求中的问题。

六 实验设备

SB-10 型示波器一台；XD2 或 XD22 信号发生器一台；电源变压器及移相电路。

实验1.2 ST-16 型示波器的使用

一 实验目的

- 1 熟悉示波器面板上各个旋钮和接线柱的作用。
- 2 练习示波器的基本应用: 显示电压或电流波形, 测量频率, 显示晶体二极管的伏安特性。

二 实验原理

1 在 ST-16 型示波器上得到稳定波形的方法

为了在 ST-16 型示波器的屏上得到稳定的波形, 可使用 Y 轴输入信号电压 (即被测电压) 作为触发信号去触发时基扫描电路, 使其自动完成一次正扫与回扫, 每触发 (触发信号电压达到一定电平) 一次就扫描一次, 即 Y 轴电压与扫描电压同步, 以保证图形的稳定。这种方式叫做触发扫描工作方式, 如图 1.2.1 所示。因为触发信号来自 Y 轴通道内部, 故称为内触发 (INT)。利用触发源选择开关可以任意选择内、电视 (TV)、外 (EXT) 三种触发信号。外触发信号输入到外接 X 轴触发输入端子, 如图 1.2.2 所示。

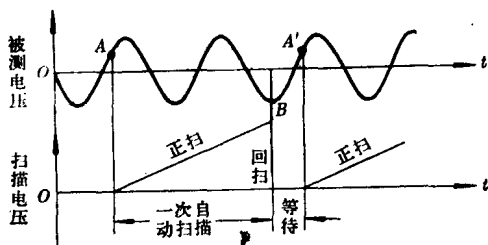


图 1.2.1

利用 ST-16 示波器的触发极性开关, 可决定触发信号的斜率是正斜率还是负斜率。其扫描起始点由电平 (LEVEL) 旋钮位置决定, 如图 1.2.2b 所示。扫描周期由时基选择开关 (t/div) 决定。

当把 ST-16 示波器电平 (LEVEL) 旋钮顺时针旋足, 即旋到自动 (AUTO) 位置时, 此时扫描电路处于自激状态 (连续扫描状态)。但是, Y 轴信号电压的频率和连续扫描电压的频率都不是完全稳定的, 显示的波形又会移动, 所以得不到稳定的波形。总之, 要使 ST-16 示波器要显示稳定的波形, 必须同时具备二个条件:

- (1) 要有触发信号来触发扫描电路。
- (2) 触发信号调到适当的电平 (LEVEL) 位置。
 - (a) 当触发源选择开关位置在外 (EXT·X) 时, 面板外输入 X·触发端子应外加信号。
 - (b) 触发极性开关与电平 (LEVEL) 旋钮改变时, 将呈现不同起始点的波形。

2 示波器显示晶体二极管伏安特性曲线原理

图 1.2.3 为电原理图。从示波器原理知道, 要在荧光屏上显示信号波形, 应把信号电压加到 Y 轴上, 在 X 轴加上与时间成线性关系的锯齿波电压 (扫描电压)。本实验中, 是把流过 D_2 的电流通过 R_2 转换为电压送到示波器的 Y 轴, 同时把 D_2 上的压降送到示波器的 X 轴。显然, 屏上

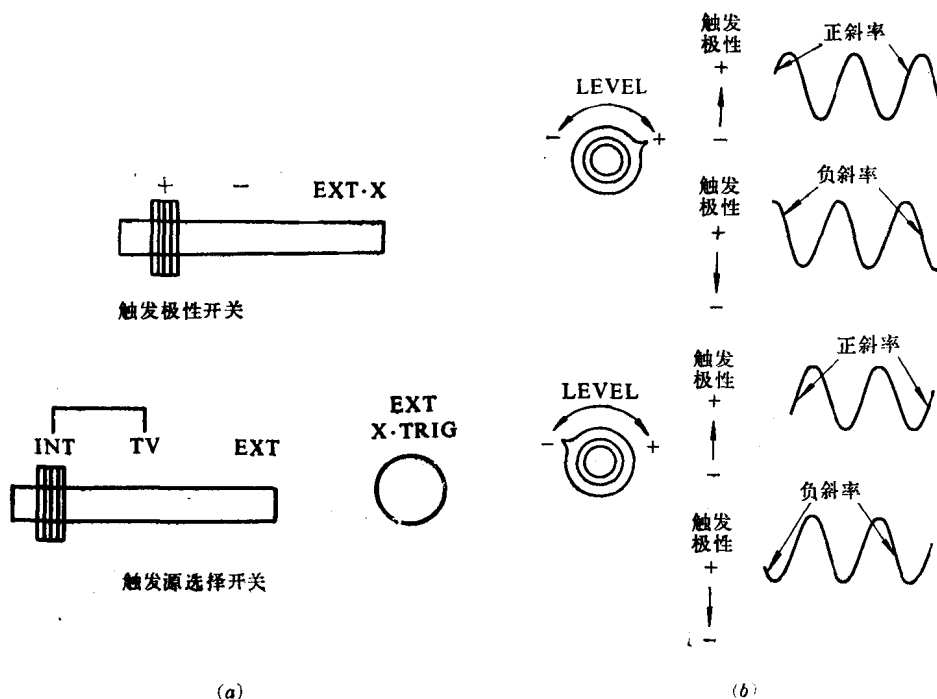


图 1.2.2

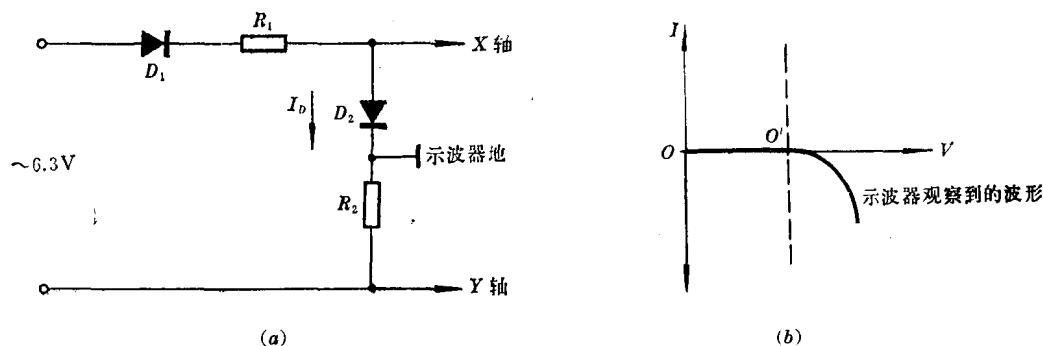


图 1.2.3

显示的波形为流过 D_2 的电流 I_D 与电压 V_D 的关系曲线——伏安特性曲线。 D_1 用来除去电源 6.3 V 的负半周对 D_2 的影响, 由于 Y 轴上加的是负电压, 故特性曲线位于第四象限, 如图 1.2.3 (b) 中以 O 为原点的曲线所示。若示波器的 X 轴输入通道中串接了隔直电容, 则显示的原点 (O') 与 $V_D=0$ 点不重合。

3 ST-16 示波器面板示意图

图 1.2.4 是 ST-16 型示波器的面板示意图。面板主要符号意义见表 1.2.1。面板上各控制开关和旋钮的功能如下:

(1) 电源开关

接通电源, 指示灯亮, 仪器进入工作状态。

ST-16

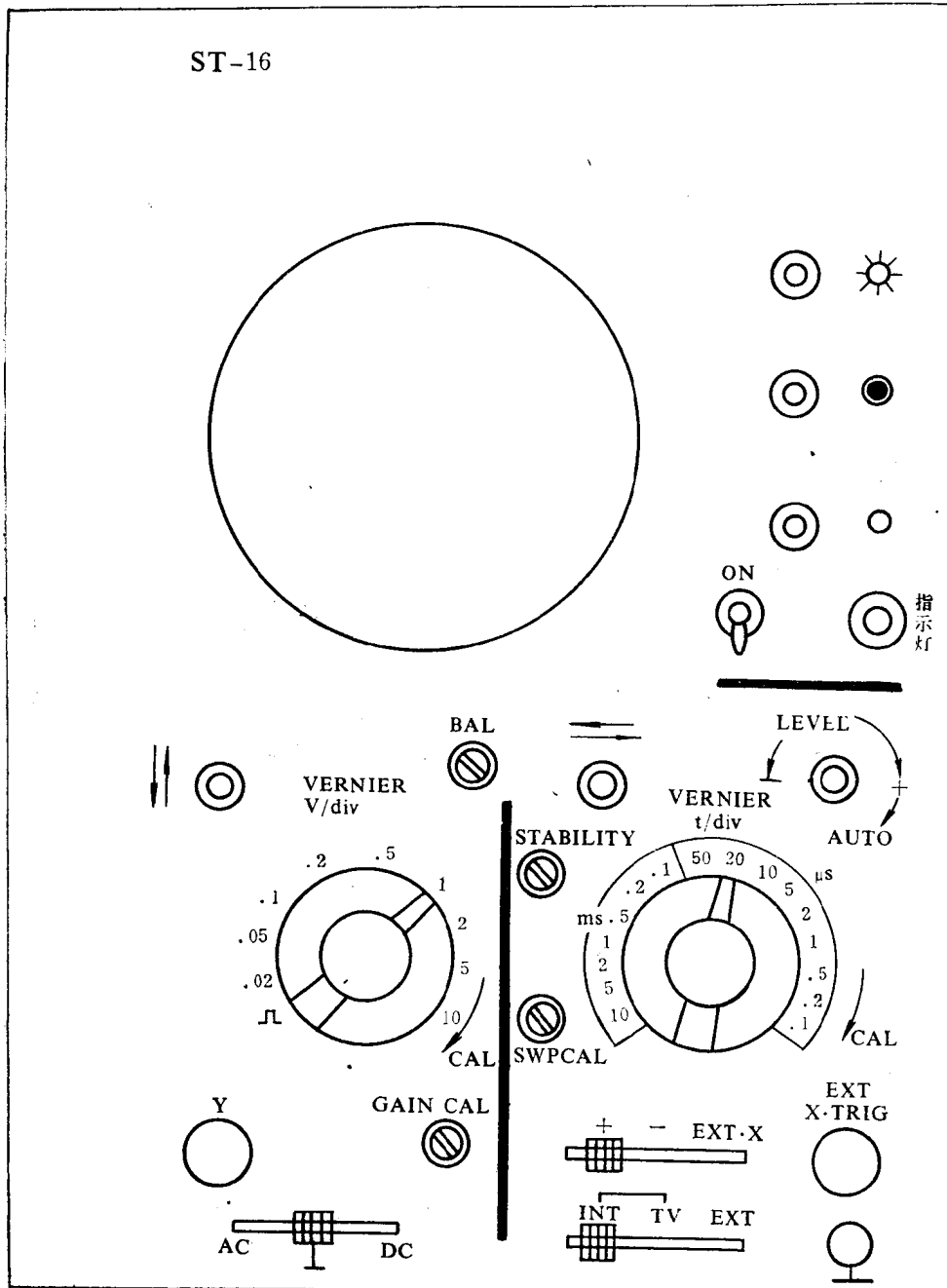


图 1.2.4

(2) 辉度调节旋钮

调节荧光屏上光迹的亮度。

(3) 聚焦调节旋钮

调节电子束的焦距,使电子束的焦点恰好会聚于荧光屏上,此时光点为清晰的圆点。

表 1·2·1

面板符号	意 义
	辉度调节
	聚焦调节
	辅助聚焦
	Y 轴位移
	X 轴位移
	校准信号 50Hz100mV
	地

(4) 辅助聚焦

配合聚焦调节装置,使荧光屏上任何位置散焦最小。

(5) Y 轴移位旋钮

调节此旋钮可使被观察信号沿 Y 轴方向移动。

(6) Y 轴放大系统的输入插座

被观察信号由此插座输入。

(7) Y 轴输入灵敏度步进式选择开关 V/div(伏/格)

是选择 Y 轴灵敏度的粗调装置,分九挡。第一挡为频率 50 Hz,幅度 100 mV 的方波校准信号。

(8) 微调(VERNIER)

微调旋钮,重叠于“V/div”旋钮之上,红色标志。可以连续改变 Y 轴放大器的增益,当“微调”旋钮顺时针方

向旋到底,亦即位于校准(CAL)位置时,增益最大。

(9) Y 轴输入耦合开关

Y 轴被测信号输入耦合方式开关。“AC”为交流耦合状态,“DC”为直流耦合状态,“⊥”为接地状态。

(10) 平衡(BAL)

Y 轴放大系统输入电路直流平衡状态调节装置。当 Y 输入信号为零时,如果平衡没有调好时,则光迹便随“V/div”开关的转换和微调的转动而上下位移,调节平衡装置可使这种位移减至最小。

(11) 增益校准(GAIN CAL)

用以校准 Y 轴输入灵敏度的调节装置。

(12) X 轴移位旋钮

调节此旋钮被观察信号的波形沿 X 轴方向移动。

(13) 时基扫描步进式选择开关 t/div(t/格)

此开关按 1-2-5 进位,分 16 挡。当“微调”旋钮置于校准位置时,“t/div”挡级的标称值即可视为时基扫描速度。

(14) 微调(VERNIER)

微调旋钮,重叠于“t/div”旋钮之上,红色标志。用以连续调节扫描速度,当该旋钮顺时针方向旋到底,即处于校准(CAL)状态。

(15) 扫描校准(SWP CAL)

X 轴放大器增益的校准装置。可以对时基扫描速度进行校准。

(16) 电平(LEVEL)调节

用以调节触发信号电平,使触发信号在这一电平上启动扫描。将旋钮顺时针方向旋到底,使连动开关断开(即听到开关声音),则扫描电路处于连续扫描工作状态[即“自动”(AUTO)状态],

此时屏上难以得到稳定波形。

(17) 稳定度(STABILITY)

用以改变扫描电路的工作状态,一般已调节在待触发状态,使用者不必经常调。调整方法:

① 将 $DC \perp AC$ 开关置于 $\perp$, “V/div”置于 0.02。

② 用小起子顺时针方向旋足稳定电位器,此时屏上出现扫描线,然后反时针方向慢慢转动电位器,使扫描线刚刚消失,此时扫描电路即处于待触发的临界状态。仪器使用时,只需调节“电平”旋钮,即能稳定地显示被测信号波形。

(18) + - 外接 X (+ - EXT X)

触发信号极性开关。当开关置于 EXT X 时, X 轴需要由外部输入信号电压。

(19) 内、电视场、外 (INT TV EXT)

触发信号选择开关。TV 为 TELEVISION。当开关置于 EXT 时,需外加触发信号,到外输入 X·触发接线端输入。

(20) 外输入 X·触发 (EXT X·TRIG)

外加 X 轴信号或外触发信号的输入端。

三 预习要求

阅读附录 A1 及本实验的实验原理,并回答下列问题:

1 调节 ST-16 示波器的 **电平 (LEVEL)** 旋钮,是为了得到 _____ 波形。当旋到 **自动 (AUTO)** 位置时,扫描电压为 _____ 状态,因而波形不稳定。

2 当 ST-16 示波器已经正常显示波形时,仅 t/div 开关位置从 1 ms 位置转到 10 μ s 位置,屏上显示波形是增多还是减少?

3 在正常使用 ST-16 示波器时,屏上显示波形稳定不动,若仅把“+ - EXT·X”开关从原“+”处转换到“EXT·X”处,屏上波形将起什么变化?

4 用 ST-16 示波器定量测量波形幅度和周期时,要读数精确应注意把 _____ 和 _____ 旋钮调到 **校正 (CAL)** 位置。

5 利用示波器显示晶体二极管的伏安特性时,下列开关和旋钮应置于何处?

AC $\perp$ DC	V/div	+ - EXT·X	INT TV EXT

6 若要测量 1.5V 电池电压大小,输入耦合方式开关 (AC $\perp$ DC) 应置于 _____ 位置。

四 实验内容及步骤

1 校准

用示波器本身的校准信号,校准示波器 ST-16,方法见附录 A3。

2 测量频率

测量正弦信号源频率, 并记录下列各主要开关、旋钮的位置及格数。被测信号电压为 1V(用晶体管毫伏表测出)。

信号源频率 f	V/div	t/div 微调校正	测得 $T=1/f$	+ - EXT · X	INT TV EXT	LEVEL/AUTO
50Hz						
10kHz						

3* 利用 ST-16 示波器显示晶体二极管伏安特性曲线。

按图 1·2·5 接线。图中 D_2 为被测管, D_1 、 D_2 均为 2 CP 10。

五 实验报告

1 说明在使用 ST-16 观察波形时, 应调节哪些开关或旋钮, 才能达到下列要求:

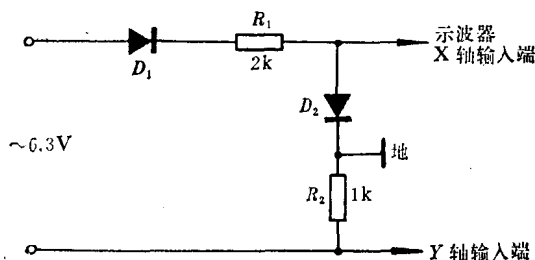


图 1·2·5

- (1) 波形清晰;
- (2) 波形大小适中;
- (3) 波形完整(一个周期以上);
- (4) 波形稳定。

2 用 ST-16 示波器观察正弦波电压时, 若荧光屏上出现下列情况, 试说明哪些开关或旋钮的位置不对, 应如何调节?

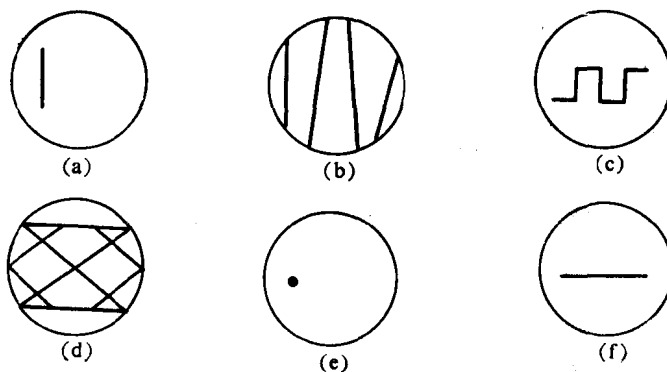


图 1·2·6

六 实验设备

ST-16 型示波器一台；XD2 或 XD22 信号发生器一台；DA-16 型晶体管毫伏表一台。

实验1.3 测试晶体二、三极管

一 实验目的

- 1 用万用表判别晶体二、三极管。
- 2 使用图示仪测试晶体二、三极管。

二 实验原理

1 判别二极管极性

万用表在测量电阻时，它的等效电路如图 1.3.1 所示。其中 R_0 为等效内阻， E_0 为表内电源电压。当万用表处于 $R \times 1$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1\text{ k}$ 挡时，一般 $E_0 = 1.5\text{ V}$ 。

若将黑表棒接到二极管的阳极，红表棒接到二极管的阴极，则二极管处于正向偏置，呈现低阻，表头偏转大。反之，则二极管处于反向偏置，呈现高阻，表头偏转小。这样，根据二次测得的阻值大小，就可以判别出二极管的极性。必须注意，万用表电阻挡不同，其等效内阻各不相同。同时，测试时一般先用 $R \times 1\text{ k}$ 挡，这时， R_0 较大，可避免损坏二极管。不宜采用 $R \times 10\text{ k}$ 挡，因该挡的电源电压较高，一般为 $E_0 = 15\text{ V}$ ，容易损坏管子。

2 晶体三极管管脚的判别

(1) 管型和基极 b 的判别

可以把晶体三极管的结构看作是二个背靠背的 PN 结，如图 1.3.2 所示。对 NPN 管来说，

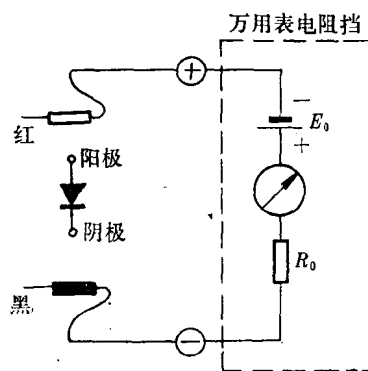


图 1.3.1

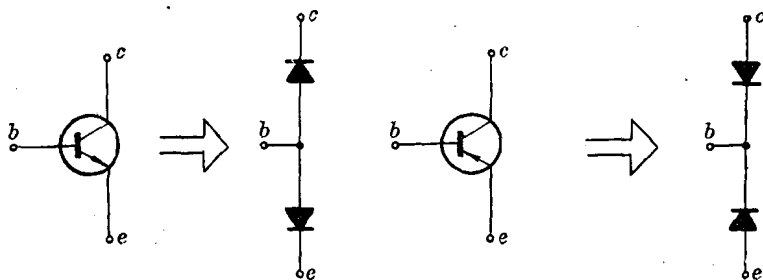


图 1.3.2