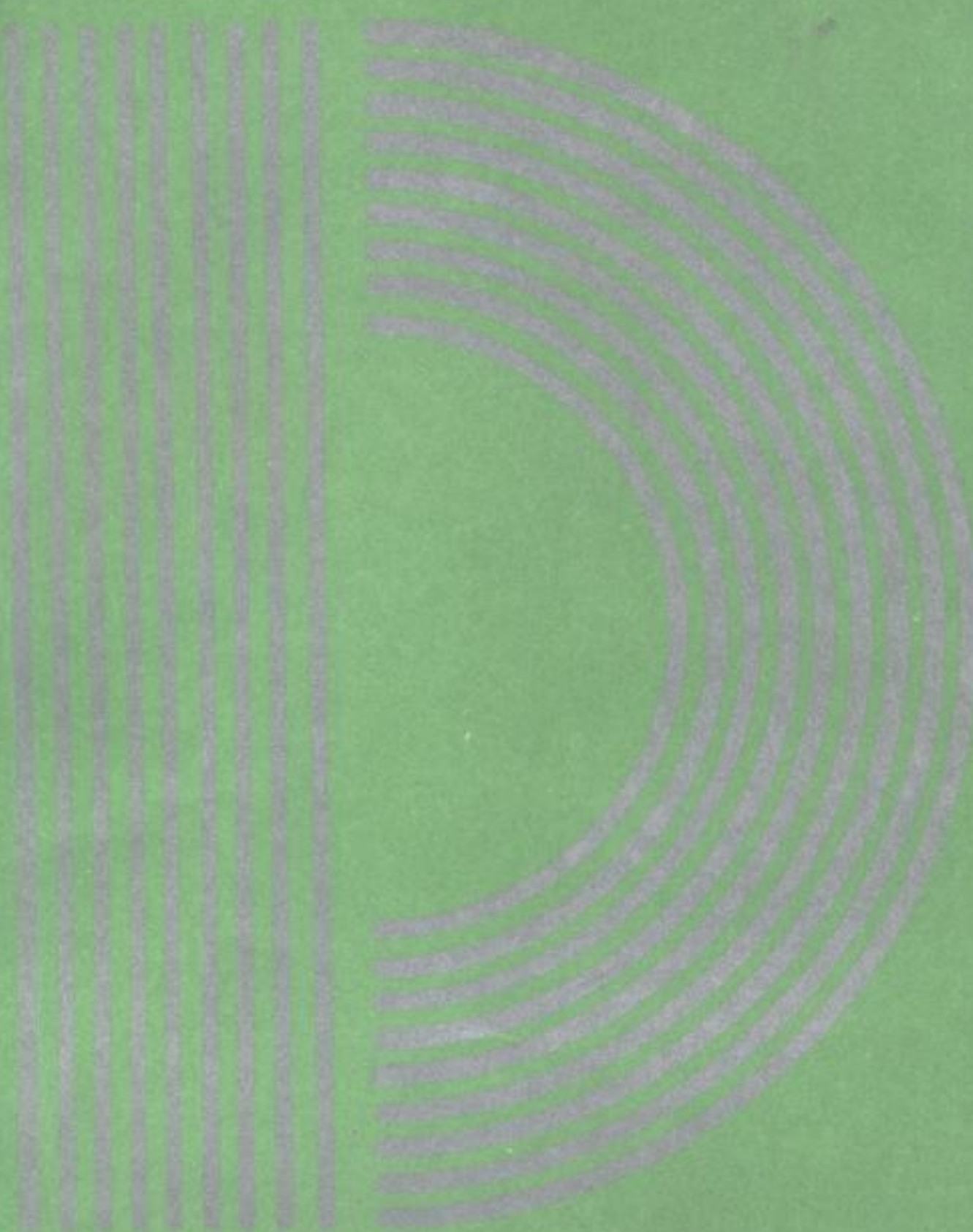




高等学校试用教材

华东师范大学物理系

郭三宝 主编

电 子 线 路 基 础 实 验



TN710-33

443398

G95

高等学校试用教材

电子线路基础实验

华东师范大学物理系

郭三宝 主编



00443398

高等教育出版社



(京)112号

电子线路基础实验

本书是根据一九八〇年六月高等学校理科教材编审委员会通过的《电子线路基础实验》教材编写大纲编写的。与华东师范大学万嘉若、林康运等编《电子线路基础》上、下册配套。书中在内容上讲述了无线电各种参量的测量技术、常用电子仪器的使用方法、简单单元电路的调整及综合实验的调试方法等。

本书可作为师范院校物理系无线电类的试用教材。也可供工科院校有关专业的师生及从事电子技术工作的人员参考。

责任编辑 郭玉凤

01271/27

图书在版编目(CIP)数据

电子线路基础实验/郭三宝主编. —北京:高等教育出版社, 1986. 4(1999 重印)

ISBN 7-04-001599-4

I. 电… II. 郭… III. 电子电路-实验 N. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 38402 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010—64054588

传 真 010—64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 成都新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 1986 年 4 月第 1 版

印 张 15.75

印 次 1999 年 6 月第 12 次印刷

字 数 340 000

插 页 2

定 价 13.40 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书初稿曾在华东师范大学物理系 1976~1979 级四届本科学生的《无线电基础实验》课程中试用,以后根据 1980 年 6 月高等学校理科教材编审委员会通过的高师《电子线路基础实验》大纲作了修改,并于 1981 年 1 月经审稿会议审查通过。

本书与万嘉若、林康运等编《电子线路基础》一书配套使用,也可作为独立开设的电子线路基础实验课的试用教材。

结合电子线路基础课程的特点和各地区高等师范院校的具体条件,本书共编写 32 个实验项目,可供各校灵活选用。采用本书时,请从下述四类实验中,按要求各选若干个组成实验课。

1. 掌握元件参数:信号电压(电流)的幅度、频率、相位;放大器的静态工作点、增益、频响特性、输入、输出阻抗、失真系数、稳定度;振荡器的频率、输出幅度等基本测量技术。

2. 通过实验,能比较熟练地掌握常用电子仪器的使用方法。如:示波器,高、低频信号发生器,失真度计,数字频率计,晶体管特性图示仪等。

3. 对一些简单的单元电路,如:单管放大器、OTL 功率放大器、集-基耦合单稳态电路、LC 振荡器等,能根据要求合理安排元件,正确地进行焊接和调整。

4. 综合性实验。如收音机的统调、简单计数器的安装和调试等。

本书的编写得到陈涵查教授的指导和关心。具体的组织和编写工作由万嘉若同志负责主持。书稿由郭三宝、刘必虎、沈建国、张为民、王忠俊五位同志分工编写,郭三宝同志和林康运同志统稿,最后由万嘉若同志定稿。

在编写过程中,全国四十余所兄弟师范院校的老们给予热情的支持和鼓励,并对本书提供许多宝贵的意见。审稿会上,在主审单位东北师范大学和南京大学的主持下,北京师范大学、西南师范学院、华中师范大学、天津师范大学、华南师范大学、湖南师范学院,陕西师范学院以及四平师范学院和延边大学等兄弟院校老师们,仔细审阅每个实验的书稿,指出错误,提出修改建议。同时得到本组王凯、翁默颖、陈康宏、俞仲俊、章永明等同志大力协助。在此一并致以衷心的感谢。

限于我们的水平,书中仍难免有缺点和错误,恳切希望兄弟院校师生和广大读者给予批评指正。

编 者

符号说明

一、辅助符号

1. 顶部记号

— 直流量、平均值(例:电压平均值 $\bar{V}$; 晶体管共射的直流电流放大系数 $\bar{\beta}$)

· 复数(例:正弦交流电压复数值 $\dot{V}$)

2. 侧部记号

Δ 微变量(例:集电极电流微变量 ΔI_c)

$||$ 绝对值、模

3. 脚注记号

$B(b)$ 晶体管基极、击穿(例:基极对地电压 V_b ; 击穿电压 V_{br})

$C(c)$ 晶体管集电极、电容器、载波

$D(d)$ 二极管、失真系数

$E(e)$ 晶体管发射极、直流电源

$F(f)$ 反馈、正向

$G(g)$ 功率增益

H 高、行扫描、行同步脉冲间距

i 电流、输入

L 低、负载

M 允许最大值

m 振幅、调幅

max 最大值

min 最小值

$N(n)$ 中和、噪声

o 输出、直流量、谐振固有量、中频段

off 关闭

on 开启

$P(p)$ 功率、峰值、皮可(10^{-12})

Q 工作点

R 电阻、反向

r 交流等效电阻、上升(时间)、反向、逆程

$S(s)$ 信号源、饱和、正程

T 周期、特征(频率)、温度

t 时间、温度

$V(v)$ ——电压、场扫描

Z ——齐纳(稳压)

Σ ——总和量

二、主要符号

A ——放大倍数(增益)、安培、选择性

$B(b)$ ——频带宽度、晶体管基极

BV ——反向击穿电压

$C(c)$ ——电容、晶体管集电极

CMRR——共模抑制比

CP——钟脉冲

$D(d)$ ——二极管、稳压二极管、非线性失真系数

dB——分贝

div——格

E ——直流电源

e ——晶体管发射极

F ——反馈系数

f ——频率、法

$G(g)$ ——电导、用分贝表示的增益

H ——亨利

Hz——赫兹

I ——直流电流、交流电流有效值

i ——交流电流瞬时值

k——千(10^3)

L ——电感

M ——互感、兆(10^6)

m ——调幅系数、毫(10^{-3})

N ——变压器绕组的匝数

n ——变压器匝数比

ns——纳秒

P ——功率

Q ——静态工作点、LC回路品质因素、触发器输出端

$R(r)$ ——电阻(动态电阻、微变等效电阻)

R_p ——可变电阻

$S(s)$ ——稳压系数、脉动系数、西门子、秒、开关

$T(t)$ ——晶体管、周期、绝对温度、(时间、摄氏温度)

Tr——变压器

$V(v)$ ——直流电压(交流瞬时电压或直流上叠加有交流的总电压)、交流电压的有效

值、伏特

W ——电位器、瓦特

$X(x)$ ——电抗

$Y(y)$ ——导纳

$Z(z)$ ——阻抗

α ——共基电流放大系数

β ——共射电流放大系数

γ ——纹波因数

η ——效率

μ ——微(10^{-6})

τ ——时间常数

φ ——相位角、损耗角

ω ——角频率

Ω ——欧姆

ξ ——谐振回路失谐量

Σ ——总和

目 录

实 验 一	示波器的使用.....1	其使用.....124
实 验 二	晶体管特性鉴别和测试.....10	实验二十五 组合逻辑电路设计.....131
实 验 三	晶体管特性的测量.....14	实验二十六 基本 $R-S$ 触发器和 D 触
实 验 四	放大器静态工作点和放大 倍数的测量.....24	发器.....133
实 验 五	放大器频响特性和输入、 输出电阻的测量.....30	实验二十七 $J-K$ 触发器.....137
实 验 六	负反馈放大器性能的测量和 调整.....37	实验二十八 计数译码和显示.....142
实 验 七	射极跟随器性能测试.....42	实验二十九 扫描电路.....148
实 验 八	推动级和乙类推挽功放级 性能测试.....47	实 验 三十 KP-12 高频头153
实 验 九	“OTL”电路焊接和性能测试...53	实验三十一 电视中频放大器.....160
实 验 十	差动放大器.....57	实验三十二 设计实验.....164
实 验 十一	集成运算放大器的测试.....63	附 录 一、电阻、电容、电感元件简介.....168
实 验 十二	集成运算放大器的应用.....70	附 录 二、怎样做好锡焊工作.....180
实 验 十三	调谐放大器.....77	附 录 三、万用表.....183
实 验 十四	RC 桥式振荡器.....82	附 录 四、JT-1 型晶体管特性图示仪.....187
实 验 十五	LC 正弦振荡器.....86	附 录 五、JW-79 晶体管直流稳压电源...191
实 验 十六	调幅与检波.....90	附 录 六、XD-7 型低频信号发生器.....192
实 验 十七	超外差式晶体管收音机的 统调.....96	附 录 七、XD-2 型低频信号发生器.....194
实 验 十八	晶体管直流稳压电源.....102	附 录 八、DA-16 型晶体管毫伏表.....196
实 验 十九	脉冲波形变换.....106	附 录 九、XFG-7 型高频信号发生器.....198
实 验 二十	双稳态电路.....111	附 录 十、ST-16 型示波器.....200
实验二十一	斯密特电路.....115	附录十一、SBE-20 型二踪示波器.....206
实验二十二	单稳态电路.....118	附录十二、SR-8 型二踪示波器.....210
实验二十三	多谐振荡器.....121	附录十三、SZ-3 型失真度测量仪.....215
实验二十四	TTL“与非”门参数测试及	附录十四、PB-2 型十进频率计.....218
		附录十五、BT-4 型低频频率特性测试仪...222
		附录十六、BT-3 型频率特性测试仪.....226
		附录十七、PZ-8 型直流数字电压表.....229
		附录十八、QS18A 型万能电桥234
		附录十九、QBG-3 型高频 Q 表238

实验一 示波器的使用

一、实验目的

学习示波器的使用方法。

二、实验原理

示波器是一种用途很广的电子测量仪器。利用它可以测出电信号的一系列参数，如信号电压(或电流)的幅度、周期(或频率)、相位等。

通用示波器的结构包括垂直放大、水平放大、扫描、触发、示波管及电源等六个主要部分，方框图如图 1.1 所示。

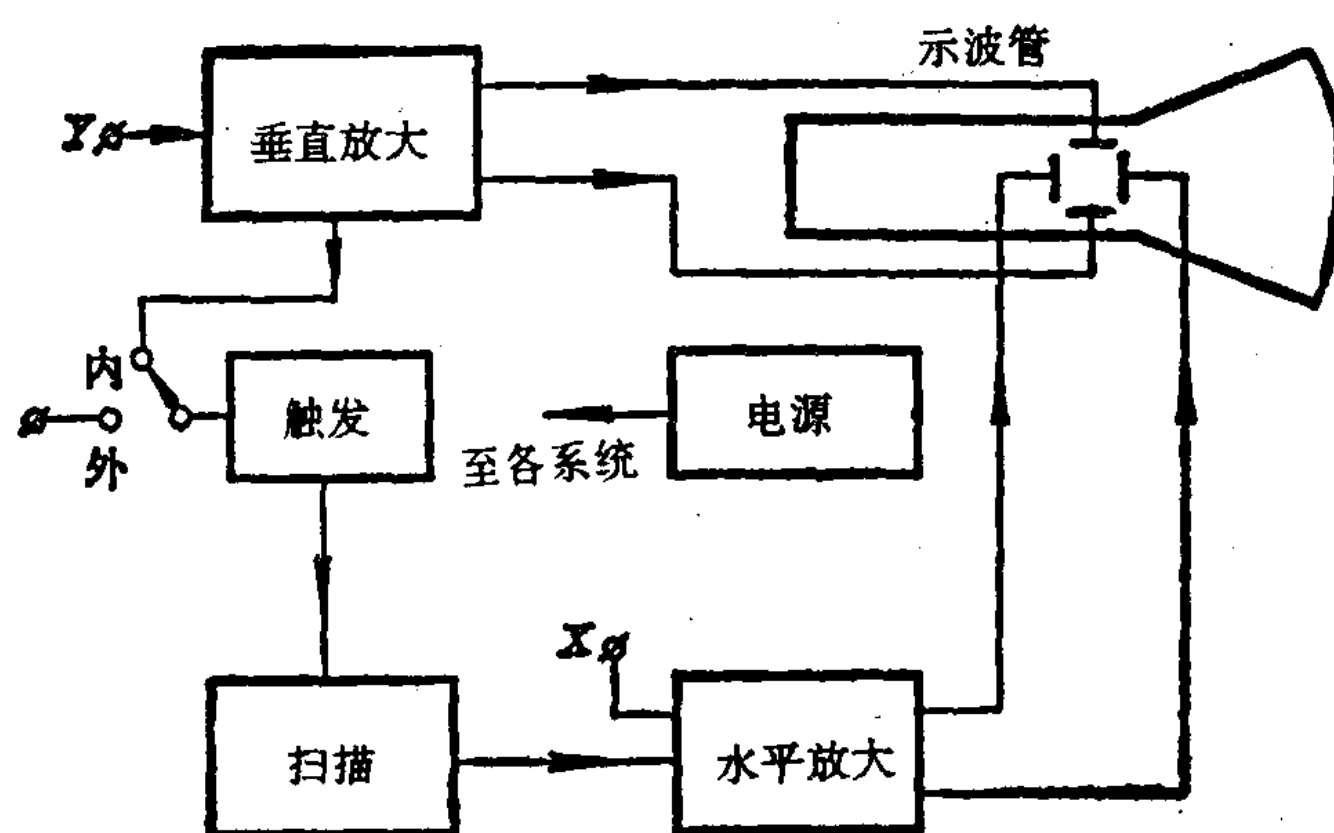


图 1.1 通过示波器结构方框图

现将各部分的主要作用简述如下：

1. 电子示波管

如图 1.2 所示，它主要由电子枪、偏转系统和荧光屏三部分组成。电子枪包括灯丝、阴极、栅

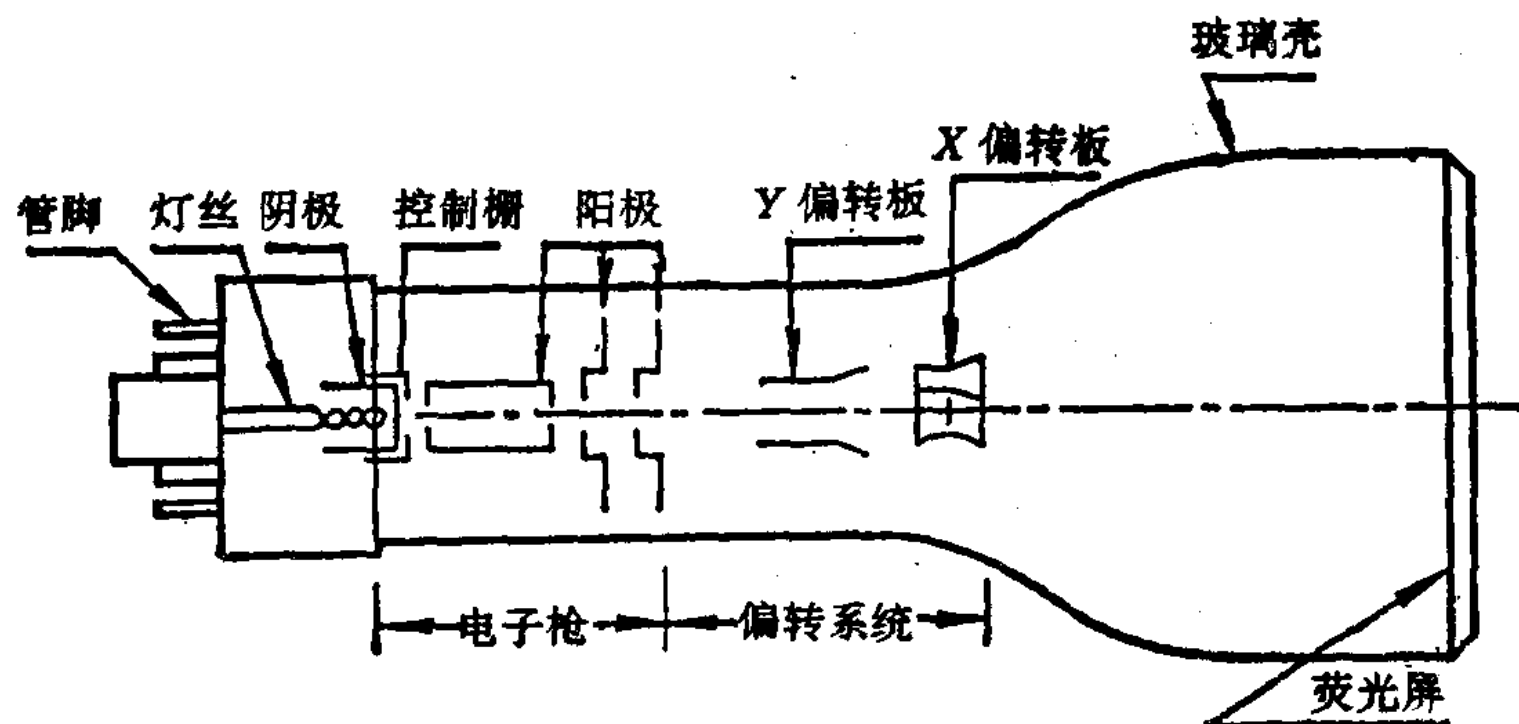


图 1.2 电子示波管结构图

极和阳极。偏转系统包括Y轴偏转板和X轴偏转板两个部分，它们能将电子枪发射出来的电子束，按照加于偏转板上的电压信号作出相应的偏移。荧光屏是位于示波管顶端涂有荧光物质的透明玻璃屏，当电子枪发射出来的电子束轰击到屏上时，荧光屏被击中的点上会发光。

2. 水平(X)、垂直(Y)放大器

电子示波管的灵敏度比较低，假如偏转板上没有足够的控制电压，就不能明显地观察到光点的移位。为了保证有足够的偏转电压，必需设置放大器将被观察的电信号加以放大。

3. 扫描发生器

它的作用是形成一线性电压模拟时间轴，以展示被观察的电信号随时间而变化的情况。

4. 波形的形成

在正常情况下，荧光屏光点的相对移位是和输入到示波器X轴或Y轴上的电压成正比的。例如：一正弦信号电压 $v_y = V_m \sin \omega t$ ，如图1.3(a)所示。图中Y轴表示电压的大小，X轴表示时间

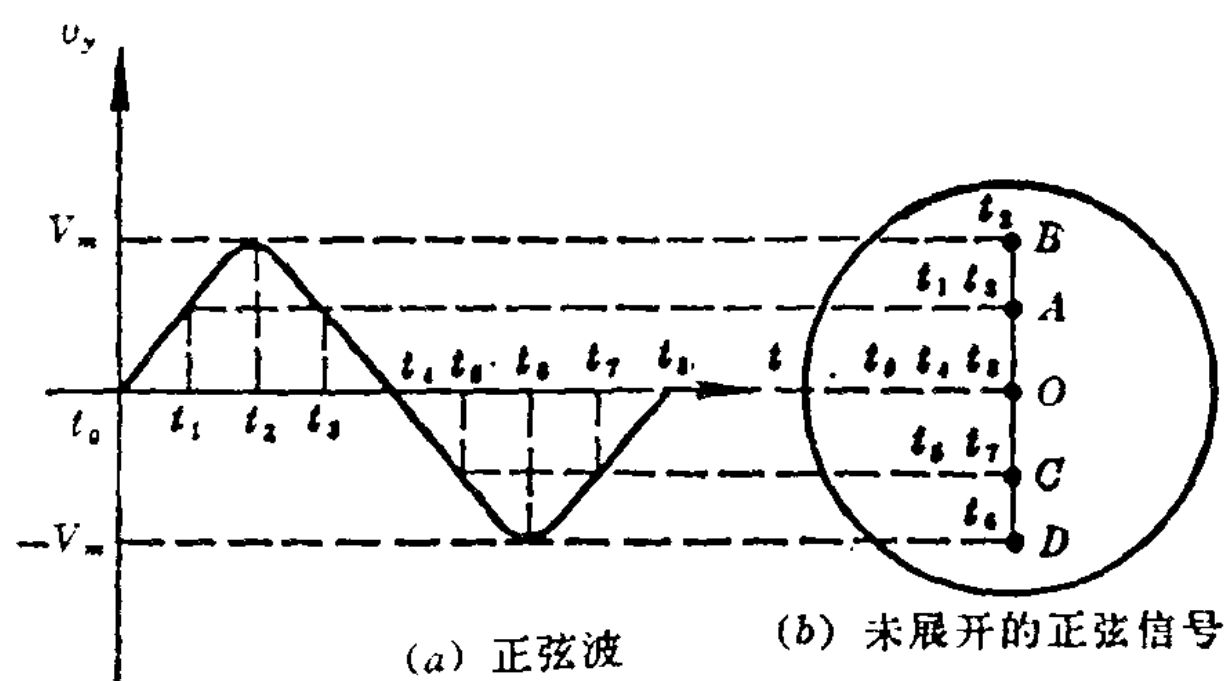


图 1.3 正弦波

t ，现把 v_y 送至示波器的Y轴偏转板上，荧光屏上看到的是一根竖着的直线。这个问题可从图1.3中来理解：当 t_0 时，Y轴偏转板上的电压 v_y 为零，光点无偏移地停在荧光屏的O点处。当 t_1 时， v_y 正向增大，光点偏移至A点。 t_2 时， v_y 达到正向最大值，光点偏移至B点。 t_3 时， v_y 下降，但仍然是正电压，光点回到A点。 t_4 时，电压为零，光点回到原点。可见，光点移动距离与所加电压成正比，故可用来测量电压的幅值。

同理，在负半周， t_5 、 t_6 、 t_7 、 t_8 各时刻光点相继经过C、D、C、O各点。

上述正弦波电压持续加在垂直偏转板上，光点不断地上下来回移动，只要移动速度足够快，利用人们视觉暂留效应，在荧光屏上看到的将是一根竖着的直线，如图1.3(b)所示。

为了显示正弦波形，在示波器的水平偏转板上需要加线性变化的锯齿波信号电压。如果Y轴偏转板上无信号，单独在X轴偏转板加锯齿波电压，则荧光屏上也观察到一条直线，只是成水

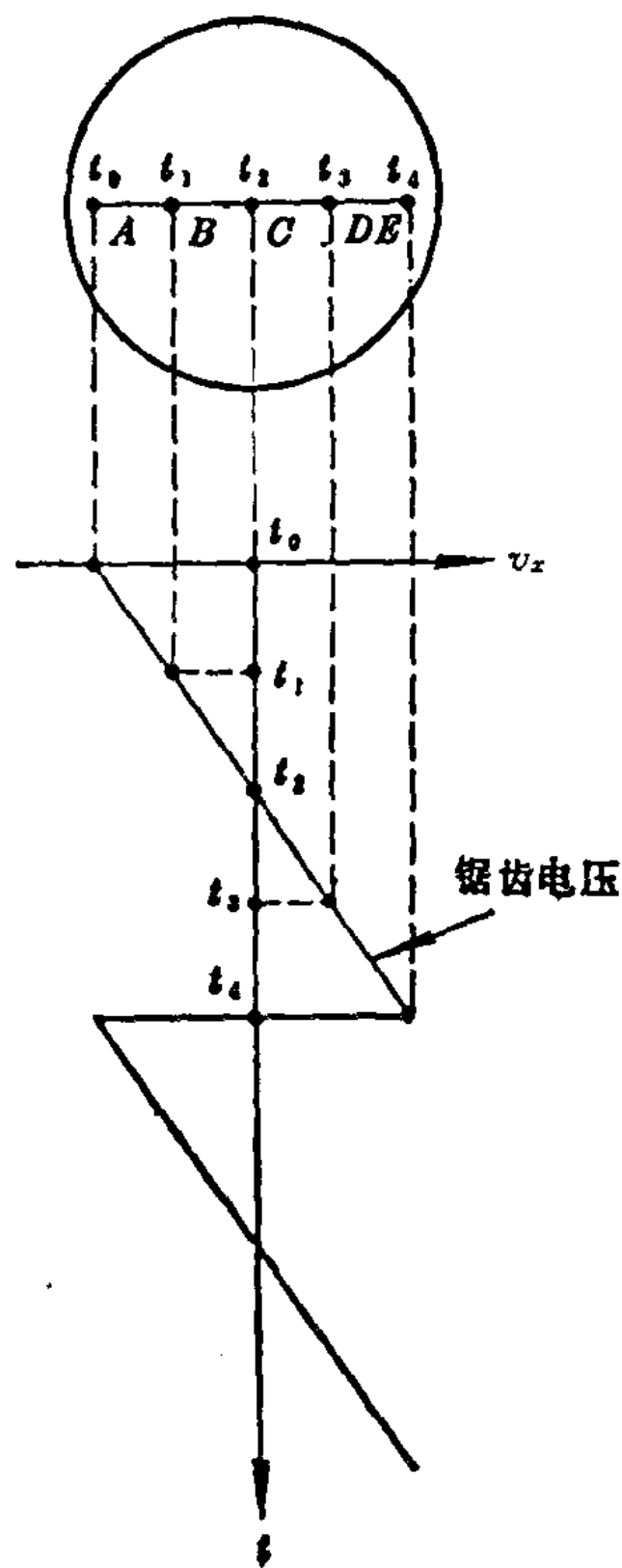


图 1.4 锯齿电压波

平直线,其形成过程如下:

在 t_0 时, v_y 是负电压,光点在荧光屏上的 A 点,此后,电压直线上升。当 t_1 时,光点移到 B 点。 t_2 时,电压上升到零值,光点在中心处 C 点,电压继续增大为正值。当 t_3 时,光点移到 D 点。 t_4 时,电压上升到最大值,光点达到 E 点。然后电压迅速退回到负值,光点也就由 E 点迅速回到 A 点,如此不断反复,荧光屏上可以观察到一条水平直线,如图 1.4 所示。

如果将被观察的正弦波电压 v_y , 加在 Y 轴偏转板上, 同时又将扫描电压 v_x 加在 X 轴偏转板上, 使正弦波的频率与扫描电压波的重复频率相等, 那么在荧光屏上就能观察到一个完整的正弦波, 如图 1.5 所示。其合成过程如下所述:

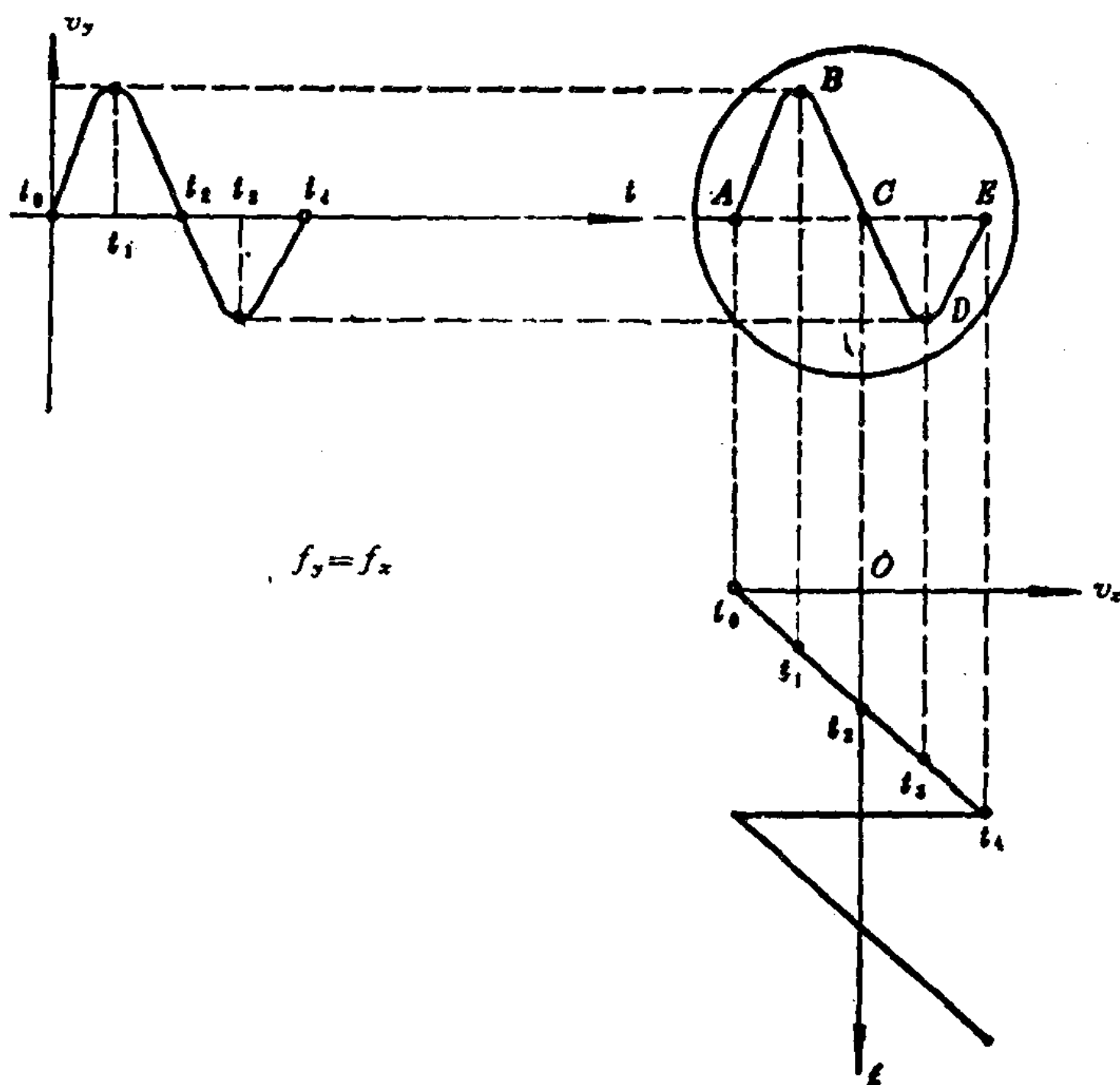


图 1.5 单周波的合成过程

在 t_0 时, $v_y = 0$, Y 轴方向无偏移, 而 v_x 为负值, 光点沿 X 轴向左偏移, 位于荧光屏上的 A 点。在 t_1 时, v_y 上升, 光点向上移, 同时, v_x 也上升, 光点又要向右移, 合成结果使光点移至荧光屏上的 B 点。以后, 在 t_2 、 t_3 、 t_4 各时刻, 光点相继沿 C 、 D 、 E 各点移动。 t_4 以后, 由于 v_y 迅速返回至原始状态, 光点将从 E 点迅速返回 A 点。接着正弦波重新开始第二个周期, 扫描电压开始第二次扫描, 荧光屏上呈现与第一次相重叠的正弦波形。如此不断重复, 荧光屏上可观察到一个稳定的正弦波。

上述两者是在频率相同情况下, 荧光屏显示出一个周期的正弦波。如果正弦波频率 f_y 是扫描波重复频率 f_x 的二倍时, 即 $f_y = 2f_x$, 则在荧光屏上看到的将是 2 个周期的正弦波, 如图 1.6 所示。从而可知, 当 $f_y = nf_x$ 时, 在荧光屏上将呈现出 n 个周期的正弦波。

可以设想, 如果 f_y 与 f_x 不是成整数倍的关系 (n 不是整数), 波形就不能完全重叠。如何才

能使 f_s 与 f_i 之间保持整数倍的关系呢? 在示波器中, 通常是把输入 Y 轴的信号电压作用在扫描发生器上, 使扫描频率 f_s 跟随信号频率 f_i 作些微小改变, 以保持 f_s 与 f_i 成整数倍关系, 这个作用称之为“同步”。现代示波器中经常采用的是“触发同步”, 所谓“触发同步”, 是当输入 Y 轴的信号电压瞬时值达到一定幅值时, 触动扫描发生器, 产生一个锯齿波电压。这个锯齿波扫描结束后, 扫描发生器将处于等待下次触发信号的状态。可见, 扫描电压的起始点与输入信号电压的某一瞬时保持同步, 保证了波形的稳定。

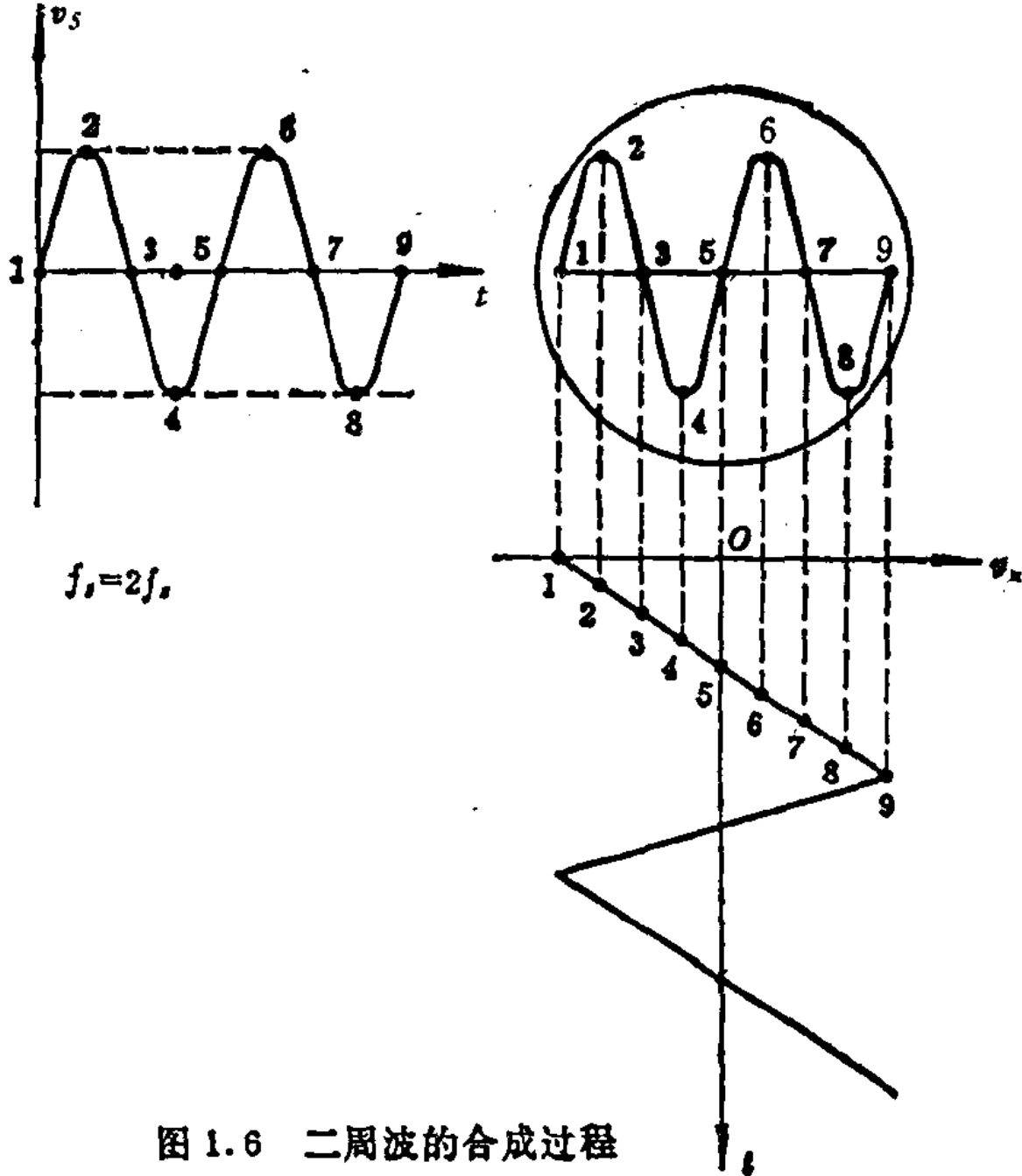


图 1.6 二周波的合成过程

三、练习内容和使用方法

1. 按示波器说明书要求(参阅附录 SBE-20、ST-16 使用说明)认清示波器各控制旋钮的位置和作用。开启电源, 调节辉度、聚焦、水平和垂直移位, 将同步极性开关、扫描(电压) t/cm 和电平、稳定度等旋钮置于适当位置, 使荧光屏上呈现一条清晰均匀的水平线。反复练习上述操作, 以求熟练。

2. 电压测量

(1) 测量前校准。校准要求和方法因使用不同的示波器而各不相同, 具体步骤请参阅附录中的说明。

(2) 交流电压 V_{p-p} 测量

a. 将示波器 (ST-16 或 SBE-20) 的耦合选择开关置“AC”。低频信号发生器输出电压为 0.2 V(有效值), 频率为 $f=1\text{ kHz}$ 的音频信号, 经示波器探极送入 Y 轴。

b. 根据被测信号的幅度和频率, 合理选择 Y 轴衰减和 X 轴时基档级开关, 并调节电平旋钮, 使波形稳定如图 1.7 所示。

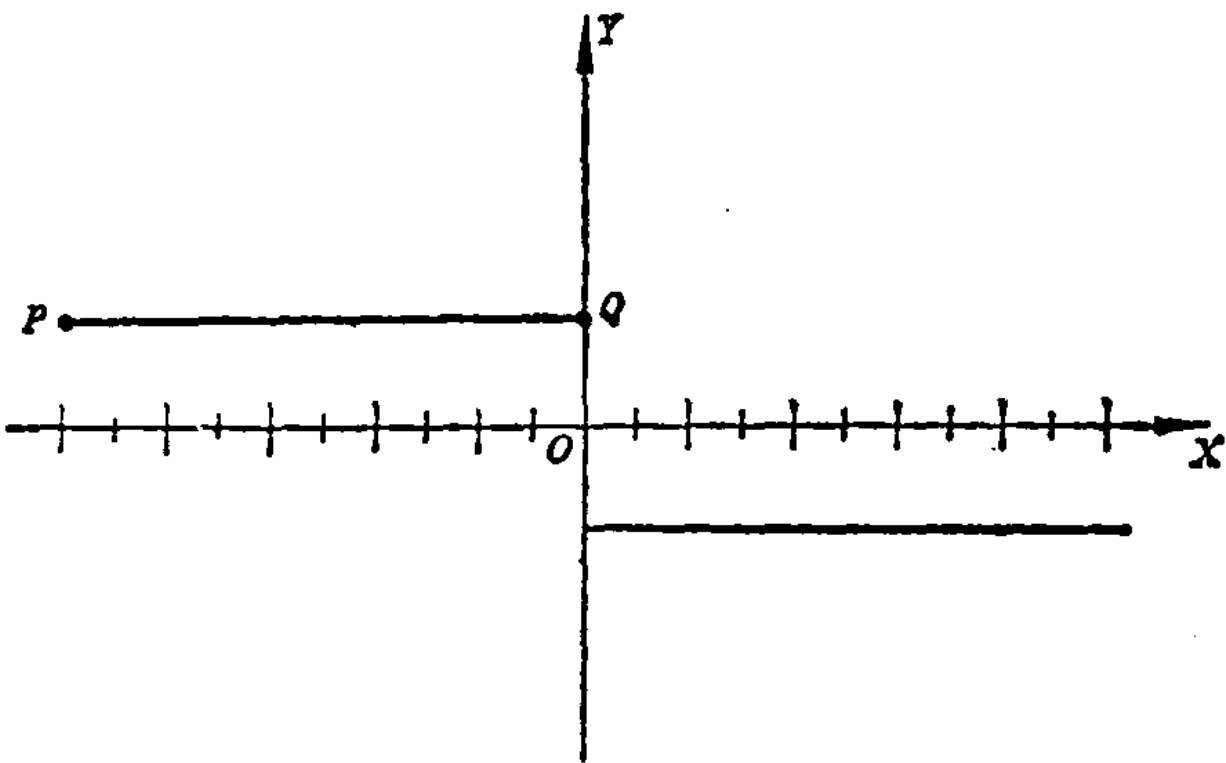


图 1.7 Y 轴灵敏度 X 轴时基校准

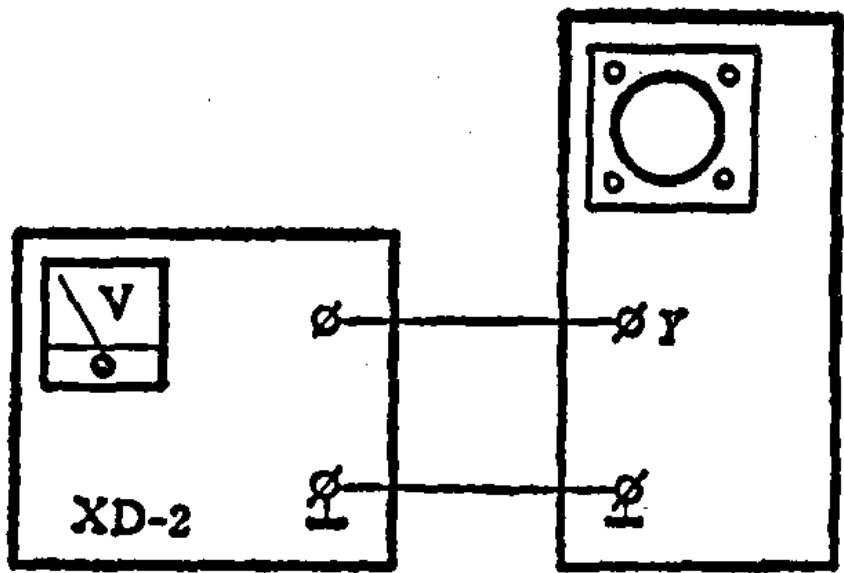


图 1.8 测量 XD-2 发生器输出电压联接电路

c. 读出被测信号 V_{P-P} ①

例: 如果荧光屏上波形的峰-峰值为 $D\text{div}$ (设 $D=3$), 示波器探极衰减为 10:1, Y 轴灵敏度为 0.02V/div , 则测得

$$\begin{aligned} V_{P-P} &= 0.02\text{V/div} \times D\text{div} \times 10 = 0.2D(\text{V}) \\ &= 0.2 \times 3(\text{V}) = 0.6(\text{V}) \end{aligned}$$

式中 0.02V/div 是 ST-16 示波器无衰减的灵敏度, 即每格代表 20mV ; 10 为探极衰减量; D 为被测量信号在 Y 轴方向峰-峰之间距离, 单位为格 (即 div), 以下用 ST-16 为例进行说明。

d. 令低频信号发生器输出电压分别为 $1\text{V}, 2\text{V}, 3\text{V}, 4\text{V}, 5\text{V}$, $f=1\text{kHz}$, 测量其相应的电压峰-峰值 V'_{P-P} 。

e. 用示波器测量低频信号发生器的幅频特性曲线

测量时, 先将低频信号发生器输出衰减置于 0dB 档, 在输出信号频率为 1kHz 的情况下, 调节输出微调电位器, 使低频信号发生器的指示电压表的指针指在中间, 然后保持输出微调电位器不变, 改变低频信号发生器的输出频率, 使其分别为 $20\text{Hz}, 50\text{Hz}, 100\text{Hz}, 200\text{Hz}, 1\text{kHz}, 1.5\text{kHz}, 2.5\text{kHz}, 5\text{kHz}, 10\text{kHz}, \dots$, 用示波器测出相应的电压 V_{P-P} , 同时记下相应的低频发生器电表指示值 V_e (有效值)。从而绘出幅频特性曲线 $V_{P-P} \sim \log f$ 及 $V_e \sim \log f$ 。测量仪器连接如图 1.8 所示。

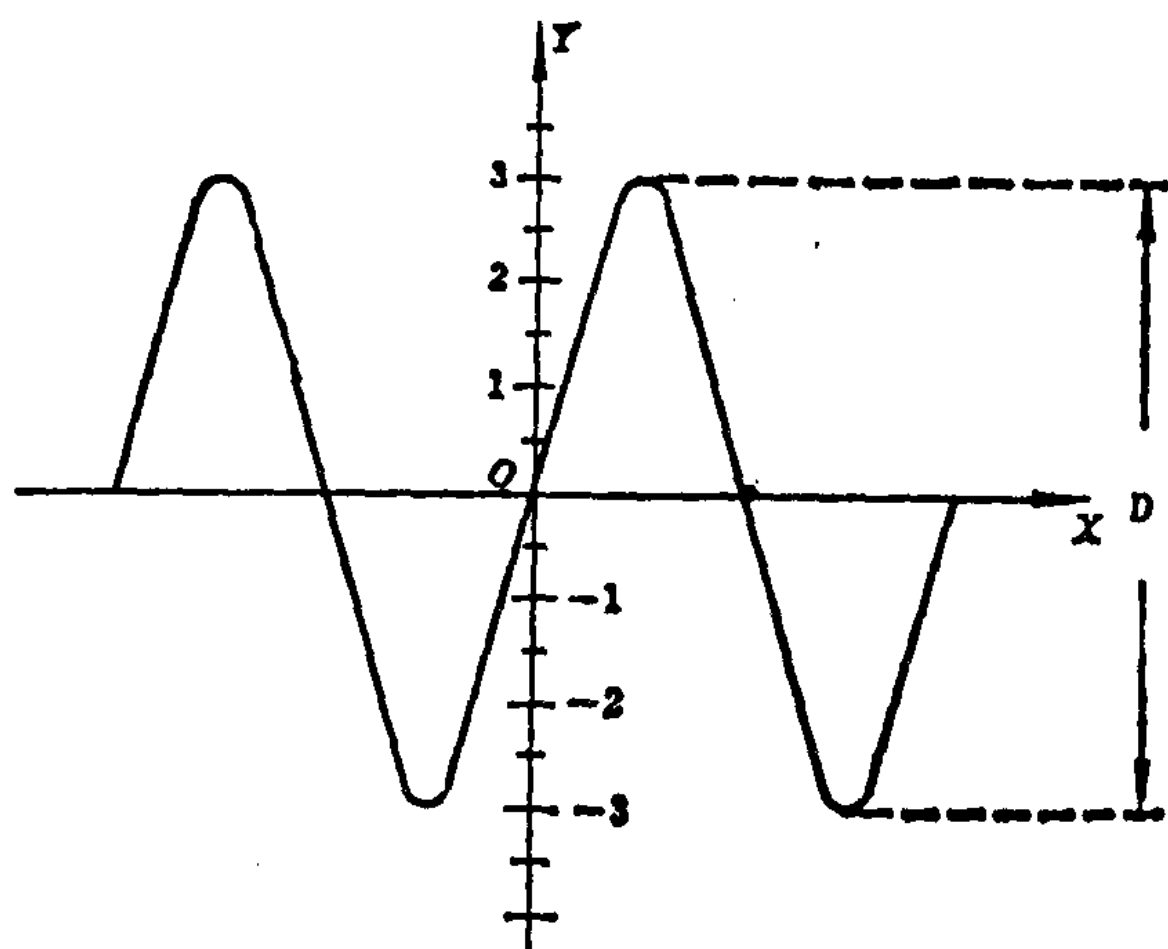


图 1.9 交流幅度测量

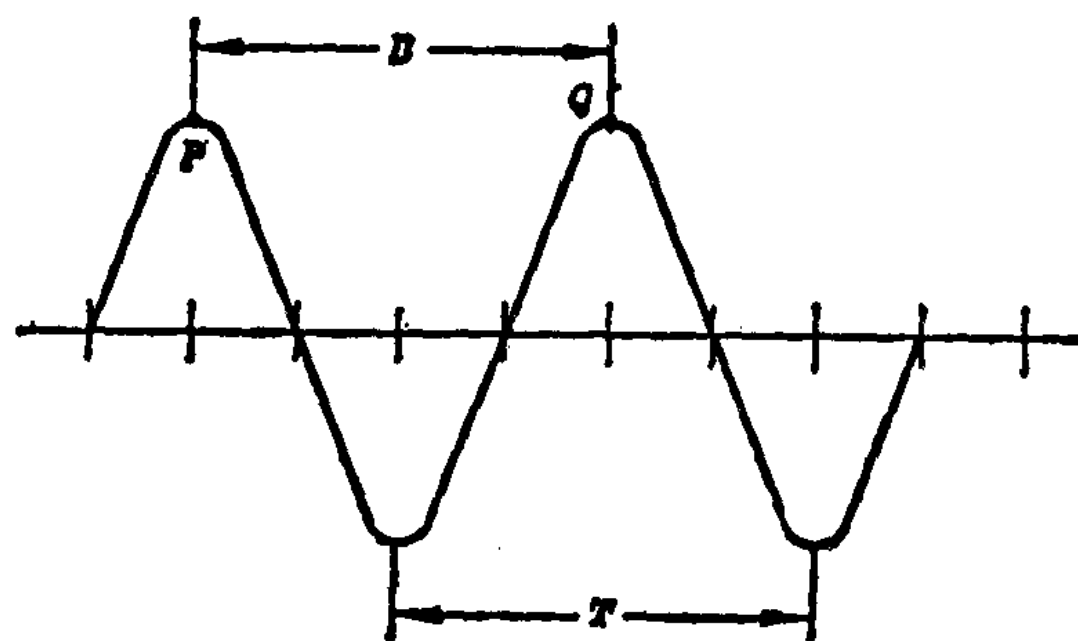


图 1.10 时间测量

3. 时间测量

时间测量是指 X 轴读数, 量程由 X 轴的时基扫描速度开关 " t/div " 决定。

(1) 测量前校准

方法与步骤参阅附录 ST-16 或 SBE-20 使用说明。

(2) 测量信号波形任意两点间的时间间隔 t 。

将被测信号送入 Y 轴, 调节有关旋钮, 使其在荧光屏上呈现稳定波形, 如图 1.10 所示, 然后

① 电压峰-峰值 (V_{P-P}) 与峰值 (V_m) 和有效值 (V_e) 换算关系如下:

$$V_{P-P} = 2V_m = 2\sqrt{2}V_e.$$

测量 P, Q 两点的时间间隔 t 。

- 测出 P, Q 间在屏幕 X 轴上的距离 $B(\text{div})$ 。
- 记录“ t/div ”扫描档级指示值, 如为“ $A(\text{ms}/\text{div})$ ”。

用公式 $t = A(\text{ms}/\text{div}) \times B(\text{div}) = A \times B(\text{ms})$, 计算时间间隔。

例如: 若测得 $B = 5 \text{ div}$, 而“ t/div ”指在 $0.1(\text{ms}/\text{div})$ 时, 则

$$t = 0.1(\text{ms}/\text{div}) \times 5(\text{div}) = 0.5(\text{ms})$$

表明图 1.10 中 P, Q 两点间的时间间隔是 0.5 毫秒。

4. 频率测量

(1) 用 X 轴时基 (t/div) 测量

利用 $f = \frac{1}{T}$ 关系, 先按时间测量方法, 测出周期 T , 即可求出频率。

根据表 1.1 所给数据, 改变低频信号发生器的输出频率分别为 50、100、200、……, 分别测量波形中相邻峰-峰(或谷-谷)之间在屏幕上的距离 $B(\text{div})$, 并将 B 和 $A(t/\text{div})$ 值填入表 1.1 中, 计算出相应的 T 和 f_x 。

(2) 用李沙育法测量

若有二个不同频率的信号, 分别同时加入示波器 X 轴和 Y 轴输入端, 如图 1.11 所示。在屏幕上显示的图形将取决于不同频率比及初相, 如图 1.12 和 1.13 所示。

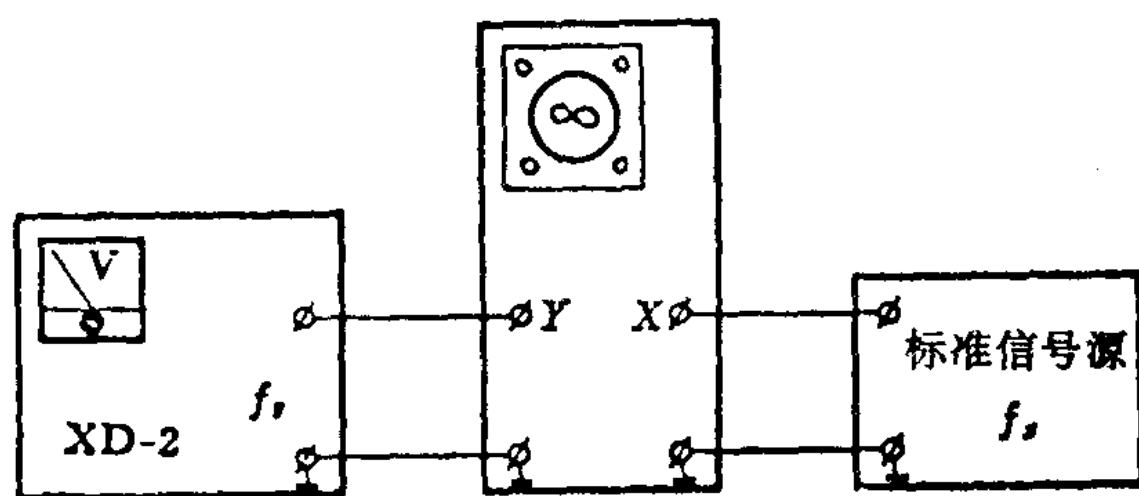


图 1.11 李沙育图形法测试仪器连接

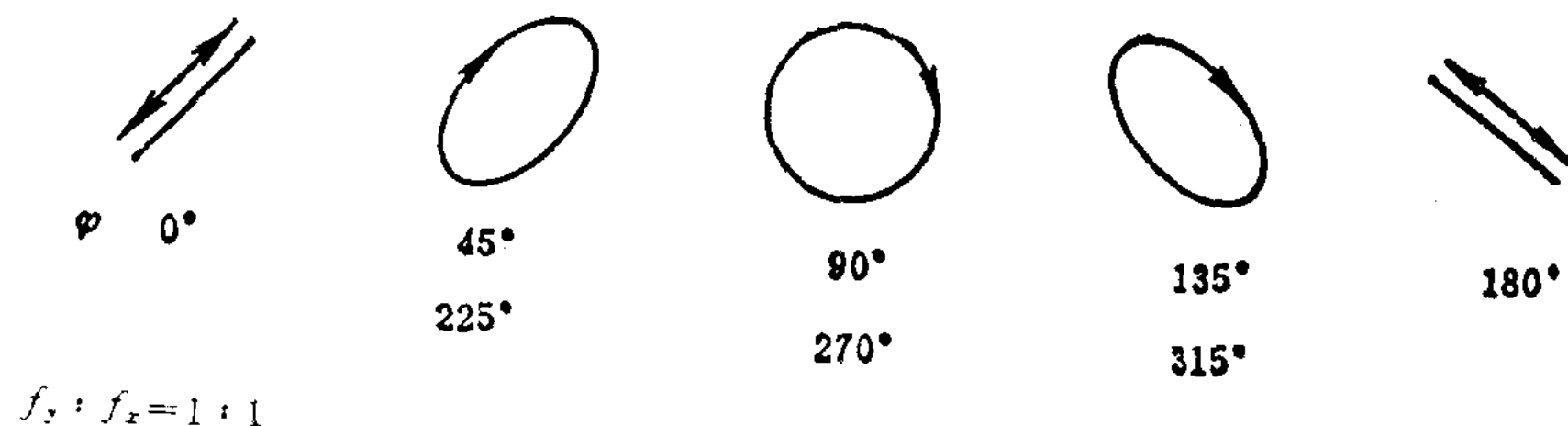


图 1.12 频率比为 1 不同相位差的李沙育图形

在李沙育图中确定频率比值的方法, 是在图形中的水平和垂直方向上作两条互相垂直的直线, 这两条线都不通过李沙育图形中的任何一个交点, 设水平线与李沙育图形的交点数为 n_x , 垂直线与李沙育图形的交点数为 n_y , 则两个交点数之比与频率比有如下关系

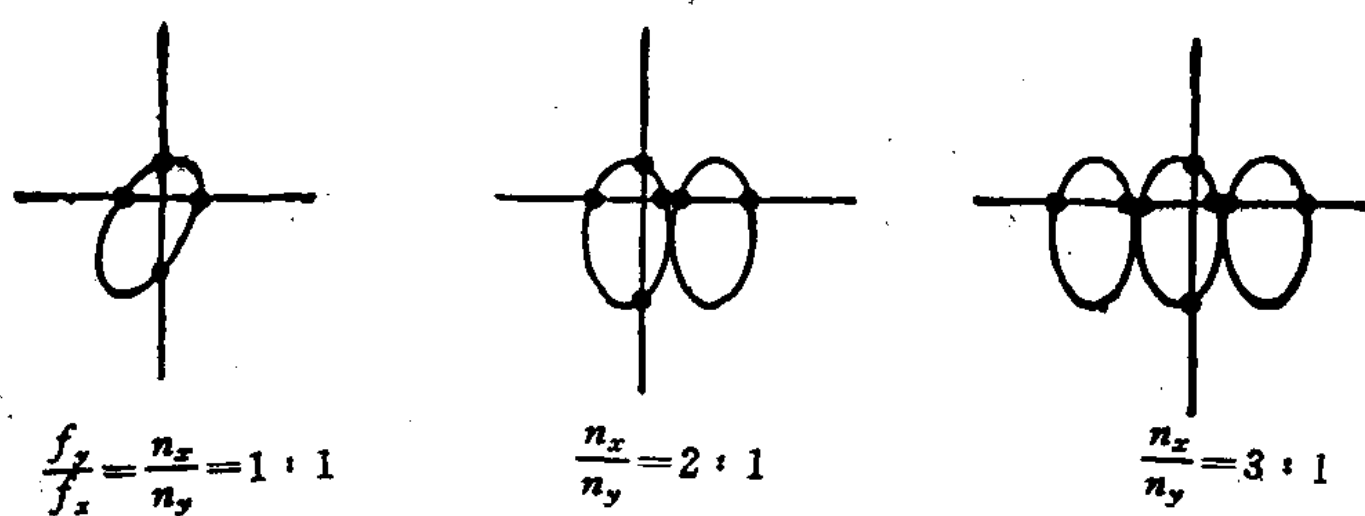


图 1.13 不同频率比的李沙育图形

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{n_x}{n_y}$$

假设 f_x 是已知的频率, 由上式可以确定被测的频率:

$$f_y = \frac{n_x}{n_y} f_x$$

练习时, 以电源频率为标准从 X 轴输入, 将被测频率的信号输入 Y 轴, 如图 1.11 所示。校测低频信号发生器的低段频率刻度 (如 25 Hz、50 Hz、100 Hz、150 Hz、200 Hz、250 Hz、300 Hz)。

表 1.1

低频信号发生器 f_m (Hz)	50	100	200	300	500	1k	5k	10k	15k	20k
一周的间距 B (div)										
A (s/div)										
$T = A(s/\text{div}) \times B(\text{div})$										
$f_x = \frac{1}{T}$ (Hz)										

5. 相位测量

在许多场合下, 可利用示波器测量某一电路的相移。例如一正弦波电流通过一个 RC 电路, 测量它的电压与电流之间相位关系。假设交流电压和电流分别为

$$v = V_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

则相移

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{1}{RC\omega}$$

(1) 直接比较法

方法一:

a. 按图 1.14 连接电路。将示波器的触发选择开关置于“外”, 同时将 A 端电压分别送入 Y 轴和 X 轴, 然后调节“ t/div ”档级、扫描微调 and 电平等旋钮, 使信号的周期宽度恰为 9 div, 这样 X 轴上的坐标刻度值与信号的相角值直接相对应, 即 $360^\circ/9 \text{ div} = 40^\circ/\text{div}$ 。

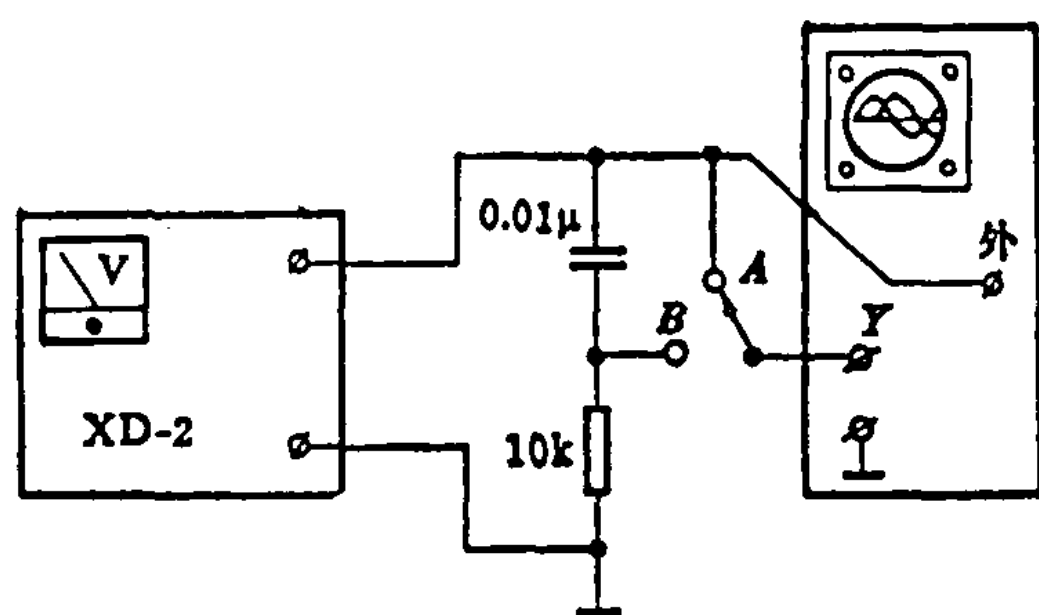


图 1.14 测相位连接电路

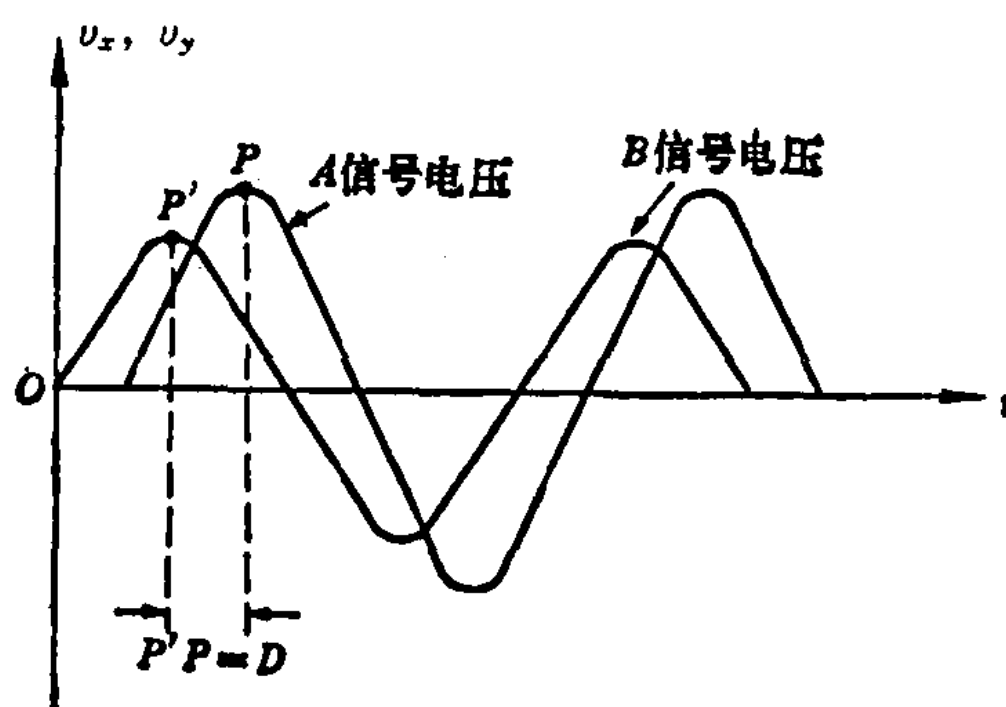


图 1.15 比较法测量相位差

b. 读出 A 信号电压的某一特定点 P 位置, 如图 1.15 所示。然后保持各旋钮位置不变, 将原输入 Y 轴的 A 信号电压改为 B 信号电压, 并按上述方法测出 B 信号电压在 X 轴上相应点 P' 位置。测出 P' 与 P 间距 D 值。

c. A 信号电压与 B 信号电压之间的相移为

$$\varphi = D \text{ div} \times 40^\circ / \text{div} = 40D^\circ$$

方法二:

测量步骤基本上与方法一相似, 只要求 A 信号电压在屏幕上显示的周期宽度在 X 轴上刻度为 X div 值 (不必恰为 9 div), 读测 A 信号电压与 B 信号电压两个相应特定点 P、P' 的间距 D div, 则两信号电压的相移为

$$\varphi = \frac{D}{X} \times 360^\circ$$

(2) 李沙育图形法

a. 保持上述旋钮位置不变, 然后再把示波器 (ST-16) 触发极性开关置“外”, 并将 A 信号送入 X 轴, B 信号送入 Y 轴。如图 1.16 所示。

b. 分别控制输入信号幅度及示波器的 V/div 档级, 使图形约占示波器屏幕有效面积的 1/3。

c. 两个信号间的相移为

$$\varphi = \arcsin \frac{b}{a}$$

因为加入 X 轴的 A 信号为

$$v_A = V_m \sin \omega t$$

加入 Y 轴的 B 信号为

$$v_B = V'_m \sin(\omega t + \varphi)$$

当 $t=0$ 时 $v_B = V'_m \sin \varphi$, 设其在 X 轴上截距为 b, 则

$$b = KV'_m \sin \varphi$$

在 $t=t_1$ 时, v'_B 在 X 轴上的最大偏移距离为 a, 则

$$a = KV'_m$$

式中 K 为 X 轴偏转灵敏度, 因此,

$$\sin \varphi = \frac{b}{a} = \frac{\text{X轴截距}}{\text{X轴最大偏移距离}}$$

$$\varphi = \arcsin \frac{b}{a}$$

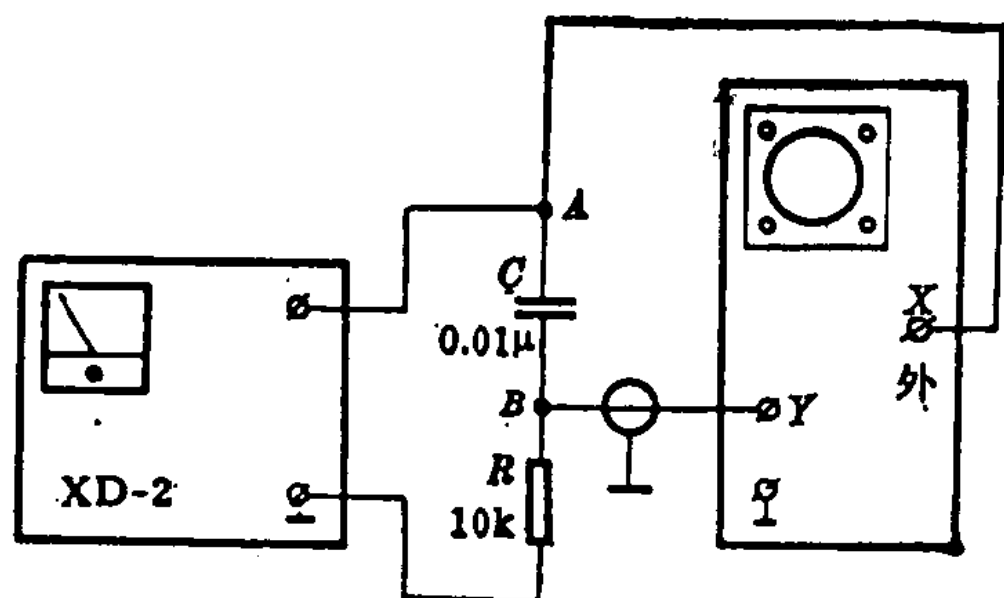


图 1.16 李沙育法测试仪器联接

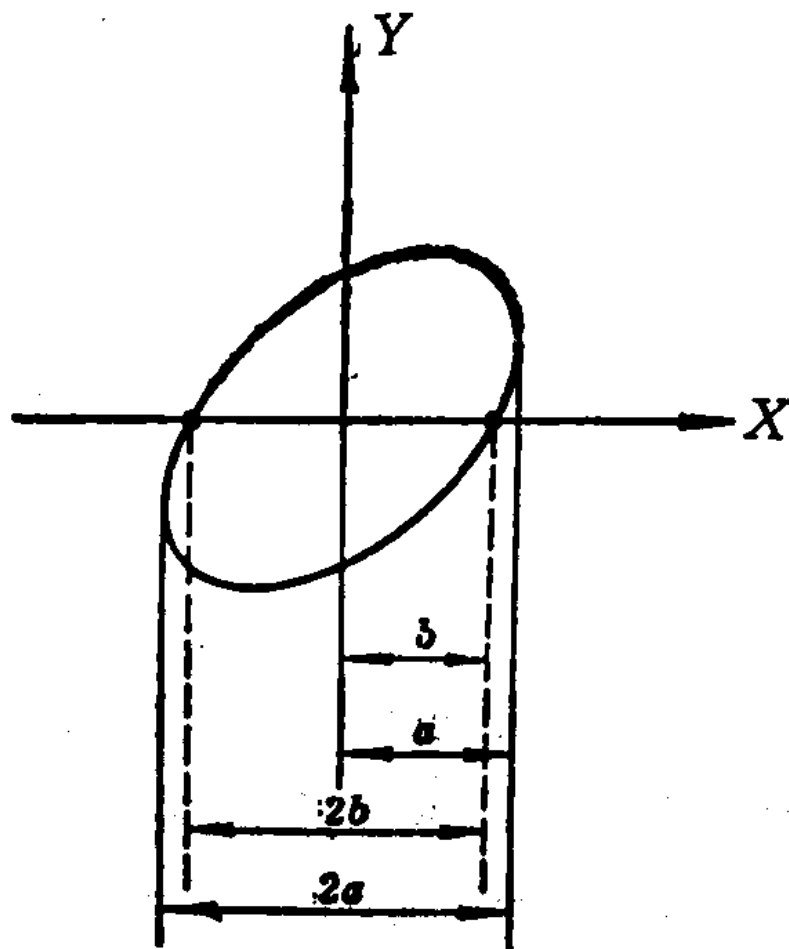


图 1.17 李沙育法图形

为了减少测量误差, 可按图 1.17 所示用 $2a$ 、 $2b$ 值计算。

四、实验预习要求

1. 熟悉有关示波器原理和波的合成原理。
2. 阅读 SBE-20 或 ST-16 示波器的使用说明书。

五、实验仪器及器材

名 称	参考型号	数量	用 途
示波器	SBE-20 或 ST-16	1	观察信号波形
低频信号发生器	XD-2 或 XD-7	1	信号源
相移器	$R=10\text{k}\Omega$ $C=0.01\mu\text{F}$	1	测相移
万能电桥	QS18A	1	测 R, C

六、练习报告

1. 作出低频信号发生器的频率校正曲线 $f_n \sim f_x$ 和幅频特性 $V_{P-P} \sim \log f_n$ (或 $V_s \sim \log f$)。
2. 用李沙育方法或直接比较法测得频率 $f=1\text{ kHz}$ 下的 $R(10\text{ k}\Omega)$, $C(0.01\mu\text{F})$ 电路的相移, 并与计算值比较。
3. 写出实验心得体会。

七、思考题

1. 欲测量信号波形上任意两点间的电压应如何测量? 举例并附图说明。
2. 若被测信号频率远大于示波器锯齿波扫描频率, 则示波管屏幕上将呈何波形? 反之又如何?