

# 基础实验指导书

第 二 册

华 东 纺 织 工 学 院

自动化系实验技术教研室

1981年7月

## 前 言

我系电自和化自两个专业的课程，多属电气、电子类型的边缘学科，技术知识发展迅速，教学中实践环节要求很高。以往我们在加强课堂理论教学的同时，也注意到实验内容的更新、提高，实验教学方面取得了一些进展，但由于有些问题没有得到适当解决，因而对学生的独立科学实践能力的培养受到一定的影响。

过去，技术基础、专业的实验都在各门课程之中，内容以验证本门课程的课堂理论为主，因而学生在学期间缺少系统、完整地实验知识和实践技能的培养和训练。其中如：实验用量具、仪表、设备的结构、性能、技术范围以及正确的选和用；实验网络的选用设计和调试；实验系统的扰动、干扰、噪音的发生和抑止；实验结果的综合，概括和分析等，实验知识和技能。另外由于课程的考试、命题、评分均以课堂教学理论内容考虑，因而导致和助长了轻视实验学习的不良倾向。

改革实验教学，提高教学和学习质量，培养学生独立进行科学研究的能力。我们把实验从各门课程中分离出来，单独设置一门“实验技术”课。给学生以系统、完整地技术基础和专业实验知识和技能的培养。内容分基础实验、综合性实验和专题实验三部分。除了实验实际操作训练之外并辅以实验知识的讲课。实验单独设课后，有关考试、考查、命题和评分均以专业培养目标中对学生实践技能要求为依据，严格要求的同时还要大力培养自学，自作能力，调动学生的主观能动作用。

实验指导书第二册是基础实验项目一部分，由于编写、试作时间仓卒再限于水平，一定存在许多问题和缺点，希望同志们提出意见，通过试用再行修订。

## 实 验 须 知

### 一、 实验安全事项：

在实验过程中，应随时注意人身和设备的安全。

1. 千万不可用手触及带电的裸露部分，整个实验均应站在绝缘垫上进行。

2. 接线、改接或拆线，都必须在切断电源后进行，即使在电压较低时也需这样做。以便养成良好的习惯。以外，接线时应最后接电源线，拆线时应首先拆电源线，以确保安全。

3. 接线错误往往是造成设备损坏的主要原因，所以应严格按照实验线路及仪器设备的规定接线，例如调压变压器的输入输出端不能接错，直流电表的极性不能接错，电流表决不能与电源并联等等。

在线路接妥后，应先后由同组同学相互校对检查，再经实验指导人员检查后方可通电实验。检查的重点之一是接线是否正确，其二是调节设备是否已放在规定的位置。

4. 接线前应先校核实验所用的仪器设备及其型号规格是否合适，通电实验后应随时注意各仪表的指针不得超过量限。

5. 当实验中有旋转设备时，应注意衣服，发辫等切勿被卷入。

6. 不要移动或搬弄与自己无关的仪器设备。

7. 当发现不正常现象或发生事故时，应立即切断电源，然后进行检查。

### 二、 实验前的预习：

学生在参加实验前，必须认真预习，以便做到心中有数。

1. 每次实验前均应仔细阅读实验指导书，并根据实验指导书的要求，阅读有关资料，明确实验目的和要求，熟悉实验内容，了解实验原理和方法步骤。并进行指导书所要求的计算。

2. 用本院实验报告专用纸编写好实验报告中可以或规定在预习时编写的内容，（实验报告的格式见下页。）

实验报告中可以或规定在预习时编写的内容大致有：

实验名称、实验任务、实验方法和步骤，每一步骤都应简要列出下列各项：(1)实验线路、与线路相对应的仪器设备记录数据的表格，规定预习时计算的内容，注意事项等。

3. 在进实验室时，应先将预习时编写的实验报告交给实验室工作人员审阅，待签字通过后方准进行实验。

### 三、实验操作：

进行实验时应注意以下几点：

#### 1. 仪器设备的配备与检查：

通常实验室已将每组实验所需的仪器设备配齐，但在实验开始时仍应核对一遍，将型号规格量限等记在记录纸上。有些仪表还应检查指针是否在0点位置。

#### 2. 按实验电路进行接线

仪器设备应整齐放置，一般放置顺序是：电源、调节设备、测量仪表、负载等。力求做到层次分明，一目了然，又便于实验时调节和读数。

接线时可先接串联电路，当遇到较复杂的电路时，可先把电路



分成几个较简单的组成部分，先把各组成部分连接好，再依次把这些组成部分连接成最后的电路。接线应尽量短，对于电流较大的电路应选用较粗的导线。

### 3. 观察和记录数据。

通电后不要急于记录数据，应先将电路的电压或电流从零调到所要求的数值，观察仪器设备的工作是否正常，如没有问题，再按规定的步骤正式进行实验。

当同一实验步骤中有几个仪表时，应尽量做到同时读数，读数时，目光应正对指针（对有反射镜的仪表，应让指针与影像重合）一般仪表可取三位有效数字，末位数字由指针在小格中的位置来估计。

杂乱无章的记录常常是造成错误和失败的原因，所以实验数据一定要记录在预习时准备好的表格中，并随时校核数据的合理性，当实验数据偏离预习估计值时，应重新测量。

实验电路应在检查记录数据没有遗漏和不合理的情况下才能拆除，以便于在必要时补遗或修整。

如在实验过程中发现有不正常现象或发生事故时，应首先切断电源，然后进行检查，故障排除后方能重新继续实验。

实验结束后，应将所用仪器设备复归原位，将导线整理成束，清理实验桌面。

## 四、 编写实验报告：

实验报告在预习时已编写了一部分，在实验操作时已填入了测得的数据，现在可以在此基础上按指导书的要求继续编写完毕，在

报告中应对实验结果进行整理计算和分析讨论，以总结归纳实验的收获。

在编写实验报告时，还应注意以下几点：

1. 报告内容要精简扼要，字迹图表要整齐清楚，应列举一组数据的详细计算过程，其余可直接列入表中。

2. 如果要求绘制曲线，则应把曲线绘制在方格纸上，其坐标轴的交点不一定是(0, 0)点，坐标轴上应注明所代表的物理量的符号及单位，每隔数格应标出一个数量，多种不同数据在同一座标纸上应用“○”“×”“△”等符号点出以便区别，连接曲线时应使曲线光滑，为此不必强求曲线通过所有的点子，而应使点子大致分布在曲线两侧。

3. 在实验数据的记录和整理中均应注意有效数字，详见主要参考书“常用电工仪表与测量”P.355。

上海纺织工学院

名 称

实验报告

系别 \_\_\_\_\_ 指导教师 \_\_\_\_\_

班级 \_\_\_\_\_ 实验日期 \_\_\_\_\_

姓名 \_\_\_\_\_ 温 度 \_\_\_\_\_

学号 \_\_\_\_\_ 相对湿度 \_\_\_\_\_

同组者 \_\_\_\_\_

一、 实验任务：

二、 实验方法和步骤：

每一步骤均要写明以下内容：

1. 实验线路；
2. 实验仪器设备；
3. 数据表格；
4. 预习计算；
5. 注意事项。

三、 以下按指导书的要求编写。

# 自动化系基础实验指导书第二册

## 目 录

### 前言

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 实验须知                    | 1     |
| 实验一, ST16 型示波器的使用       | 1-1   |
| 实验二, SBT-5 型示波器的使用      | 2-1   |
| 实验三, JT-1 型晶体管特性图示仪的使用  | 3-1   |
| 实验四, 电子线路中低频电压的测量       | 4-1   |
| 实验五、六, 单级低频放大器的设计、安装和测试 | 5、6-1 |
| 实验七, 负反馈放大器             | 7-1   |
| 实验八, 射极输出器              | 8-1   |
| 实验九, 整流、滤波与稳压           | 9-1   |
| 实验十, 差分放大器              | 10-1  |
| 实验十一, 集成运算放大器           | 11-1  |
| 实验十二, 文氏电桥振荡器           | 12-1  |

## 实验一 ST-16 型通用小型示波器的使用

### 一、实验目的：

1. 了解 ST-16 型示波器的基本工作原理及面板控制器与接插件的作用。

2. 学会正确使用 ST-16 型示波器。

3. 对低频信号发生器及交流毫伏表的使用作一般了解。

### 二、实验任务：

1. 学习用 ST-16 型示波器观察周期性波形的调节方法。

2. 学习用 ST-16 型示波器定量观测周期性电压幅度和周期时校准及测定的方法。

3. 学习用 ST-16 型示波器作为 x y 图示仪的调节方法。

说明：ST-16 型示波器既能观测正弦波形也能观测脉冲波形，本实验着重观测正弦波形，有关脉冲波形的观测安排在实验二中进行。

### 三、预习要求：

1. ST-16 型示波器的电路结构（框图）和工作原理。

2. ST-16 型示波器的面板各控制器，接插件的名称，位置和作用。

3. 用 ST-16 型示波器观察波形时，应调节那些控制器使波形稳定；在进行定量观测时，哪些控制旋钮与此有关，它们应置于什么位置。

4. 若示波器“ $V/div$ ”旋钮置于 0.5，对应的“VERNIER”旋钮置于“CAL”正弦波形在 y 轴方向的幅度（峰峰值）为 6 div，



头衰减 10:1，试求被测电压的有效值。

5. 若示波器“ $t/\text{div}$ ”旋钮置于  $20\mu\text{s}$ ，对应的“VERT”钮置于“CAL”波形在 x 轴方向的一个周期的宽度为  $2.5\text{div}$ ，被测讯号的频率。

6. 当  $f_y = 100\text{KHz}$  ( $f_y$  为加入 y 轴输入端的信号的频率，均同)，为使屏幕上出现五个完整的正弦波，问：“ $t/\text{div}$ ”位于什么位置？

7. 按表 1-3 的预习要求进行计算和作图。

8. 当按图 1-10 所示的电路用 ST16 型示波器来观测 2CW1E 的伏安特性曲线时，试大致描绘出将在示波器上看到的图形。

#### 四、参考资料：

〔1〕武汉大学编“电子线路实验”P34，“示波器”部分。

〔2〕上无二十一厂编“ST16 型示波器的使用说明书”。

#### 五、实验原理：

本实验原理凡主要参考书中有的均注明所在页数，凡主要参考中没有的均作必要的叙述。

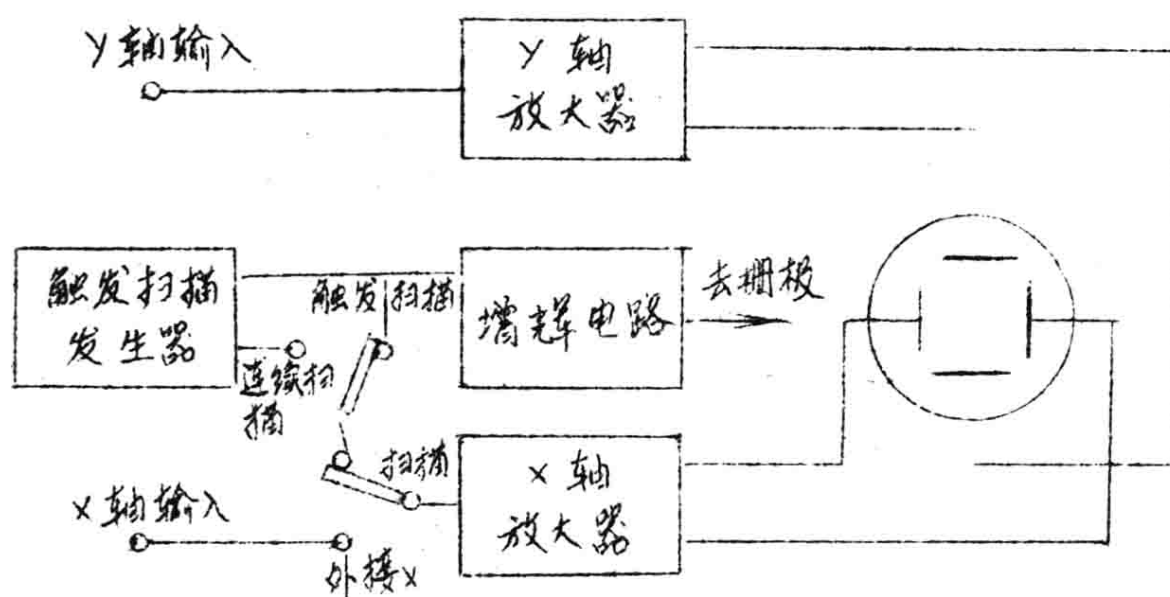
1. 普通示波器的工作原理〔1〕P34-38。

2. 普通示波器的使用方法，〔1〕P39-43。

3. ST16 型示波器的工作原理：

ST16 型示波器是一种通用的小型示波器，它具有  $0-5\text{MHz}$  频带宽度，最高垂直输入灵敏度为  $20\text{mv}/\text{div}$ ，最快扫描速度为  $1\mu\text{s}/\text{div}$ ，其电路结构框图如图 1-1 所示。由图可见它和普通示波器有许多相似之处，区别仅在于，它用“触发扫描发生器”代了“连续扫描发生器”，另增加了“增辉电路”这两部分电路

工作原理和 SBT-5 型示波器相似。可以查阅 SBT-5 型示波器的作原理，详见 [1] P62-64，“触发扫描”和“示波器中的扫描路”两节。



#### 4. ST16 型示波器的面板控制器和接插件：

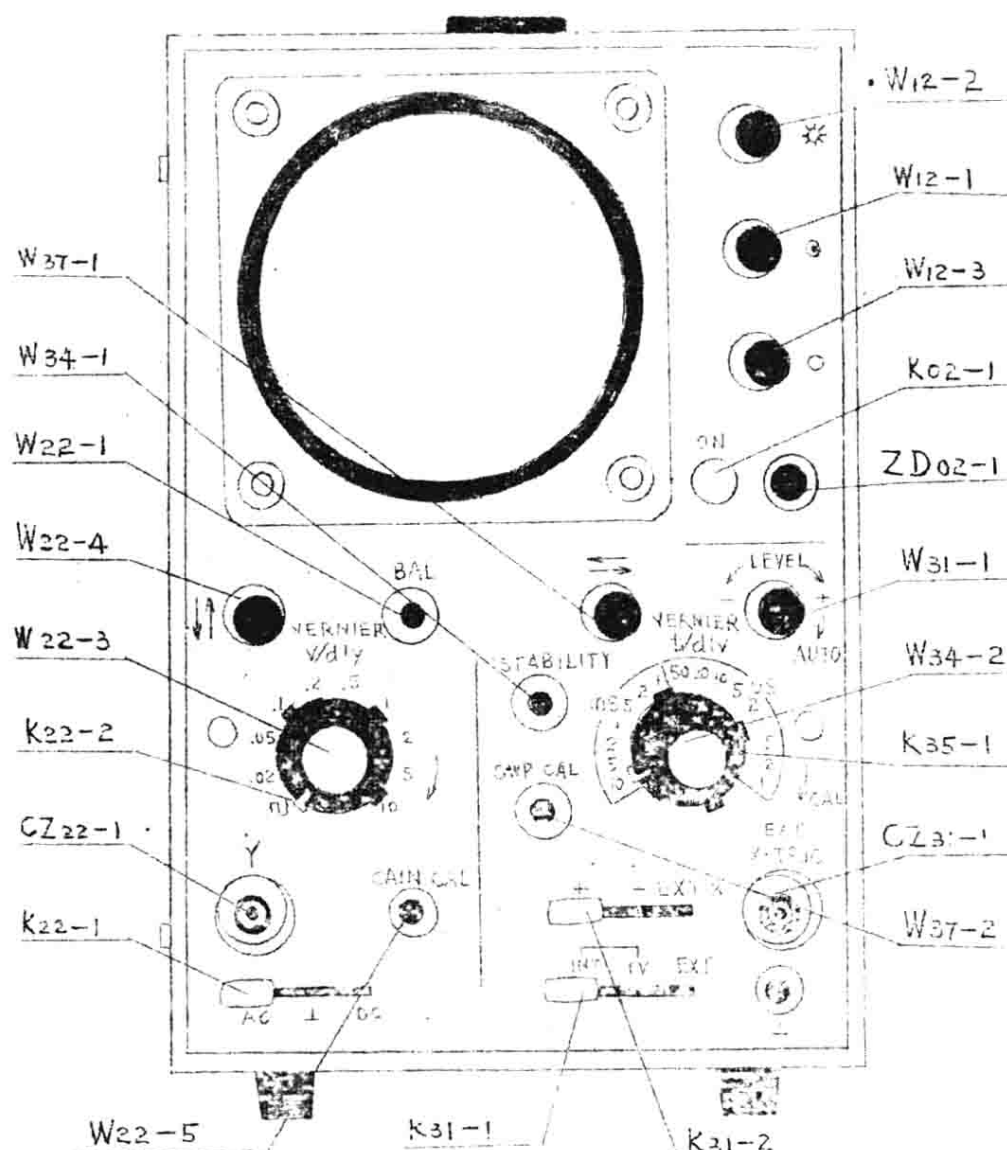


图1-2 ST16 型示波器的面板

开(K02-1) 仪器电源开关：当此开关扳向“开”时，指示灯(ZD02-1)即发红光，经预热时间后，仪器即可正常工作。

☼(W12-2) 辉度调节装置：顺时针方向转动，辉度加亮，反之减弱，直至辉度消失。如光点长期停留在屏幕上不动时，宜将辉度减弱或熄灭，以延长示波管的使用寿命。

○(W12-1) 聚焦调节装置：用以调节示波管中电子束的焦距，使其焦点恰好会聚于屏幕上，此时显现的光点应成为清晰的园点。

○(W12-3) 辅助聚焦：用以控制光点在有效工作面内的任何位置上散焦最小，通常与聚焦调节装置同时配合使用。

↑↓(W22-4) 垂直移位：用以调节屏幕上光点或信号波形在垂直方向上的位置，顺时针方向转动，光点或信号波形向上移，反之向下移。

y(CZ22-1) 垂直放大系统的输入插座。

v/div(K22-2) 垂直输入灵敏度步进式选择开关：输入灵敏度自 $0.02\text{ v/div} \sim 10\text{ v/div}$ 按1-2-5进位分九个档级，可根据被测信号的电压幅度，选择适当的档级位置，以利观测。当“微调”旋钮位于校准位置时，“v/div”档级的标称值即可视为示波器垂直的输入灵敏度。第一档级的“”为100mV的方波校准信号，供垂直输入灵敏度和水平时基扫速校准之用。

微调(W22-3) 用以连续改变垂直放大器的增益，当“微调”旋钮顺时针旋足，亦即位于校准位置时，增益最大。其微

调范围大于2.5倍。

DC $\perp$ AC(K22-1) 改变垂直被测信号输入耦合方式的转换开关。耦合方式分“DC”、“ $\perp$ ”、“AC”三种。

“DC”输入端处于直流耦合状态，特别适用于观察各种缓慢变化的信号。

“AC”输入端处于交流耦合状态，它隔断被测信号中的直流分量，使屏幕上显示的信号，波形位置，不受直流电平的影响。

“ $\perp$ ”输入端处于接地状态，便于确定输入端为零电位时，光迹在屏幕上的基准位置。

平衡(W22-1)使垂直放大系统的输入级电路中的直流电平保持平衡状态的调节装置，当垂直放大系统输入端电路出现不平衡时，屏幕上显示的光迹随“V/div”开关不同档级的转换和“微调”装置的转动而出现垂直方向的位移，平衡调节器可将这种位移减至最小。

增益校准(W22-5)用以校准垂直输入灵敏度的调节装置，可借助于“V/div”开关中“ $\square$ ”档级的100mV方波信号，对垂直放大器的增益予以校准，使“微调”位于校准位置时，屏幕上显示方波波形的幅度恰为5div。

$\rightleftharpoons$ (W37-1) 水平位移：用以调节屏幕上光点或信号波形在水平方向上的位置。顺时针方向转动时，光点或信号向右移动，反之则向左移动。

t/div(K35-1) 时基扫速步进式选择开关：扫描速度的选择范围由0.1 $\mu$ s/div $\sim$ 10ms/div按1-2-5进位分

十六档级。可根据被测信号频率的高低，选择适当的档级。当扫速“微调”旋钮位于校准位置时，“ $t/div$ ”档级的标称值即可视为时基扫描速度。

微调 (W34-2) 用以连续调节时基扫描速度，当该旋钮顺时针方向旋至满度，亦即处于“校准”状态；此时扫描位于快端。微调扫速的调节范围能大于 2.5 倍。

扫描校准 (W37-2) 水平放大器增益的校准装置，用以对扫描时基速度进行校准。在校准扫速时，可借助于“ $v/div$ ”开关中“ $\square$ ”档级 100mV 方波校准信号的周期，其周期的长短直接决定于仪器使用电源电网频率。例如电源电网频率  $f=50\text{Hz}$ ，则周期  $T=20\text{ms}$ ，此时可将“ $t/div$ ”开关置于  $2\text{ms}/div$  档级，并调节“扫描校准”电位器，使屏幕上显示一个完正方波周期在水平方向的宽度恰为  $10div$ 。若电源频率  $f=60\text{Hz}$ ，则方波一个周期的宽度应校准为  $8.3div$ 。

电平 (W31-1) 用以调节触发信号波形上触发点的相应电平值，使在这一电平上启动扫描。顺时针方向转动趋向信号波形的正向部分，反之趋向信号的负向部分。若将“电平”顺时针旋至满度，并使此电位器连动的开关断开，使稳定度电位器的通地点断开，此时扫描电路处于自激状态。扫描电路在没有触发信号输入的情况下，也能自动进行扫描。

稳定度 (W34-1) 用以改变扫描电路的工作状态，一般应处于待触发状态，使用时只需调电平旋钮即使波形稳定地



显示。调整“稳定度”，使扫描电路进入待触发状态其步骤如下：

1) 将垂直输入耦合方式开关(K22-1)置于“上”，“div”置0.02，

2) 用小起子把稳定度电位器顺时针方向旋足，此时屏上应出现扫描线，然后缓慢地向反时针方向转动，务使升达扫描线正好消失，此一位置即表示扫描电路业已到达待触发的临界状态。

十一外接 x(K31-2) 触发信号极性开关：用以选择触发信号的上升或下降部分来触发扫描电路，促使扫描启动。当开关置于“外接”x时，使“x·外触发”插座成为水平信号的输入端。

内电视场外 触发信号源选择开关：当开关位于“内”时，触发信号(K31-1)取自垂直放大器中引离出来的被测信号。当开关位于“电视场”时，系将来自垂直放大器中被测电视信号，通过积分电路，使屏幕上显示的电视信号与场频同步。当开关位于“外”时，触发信号将来自“x·外触发”插座。输入的外加信号，它与垂直被测信号应具有相应的时间关系。

x·外触发 为水平信号或外触发信号的输入端。

(CZ31-1)

5. ST16型示波器使用调节时的特点：

(1) 内部有频率为50HZ，幅度为100mv的比较方波发生器，主要作为校准y轴灵敏度和x轴扫描速度之用，而这两项只有在校

正之后才能减少定量观测被测讯号的幅度和频率时的误差。具体校正方法见本实验之(七)。

(2) “Y轴灵敏度” ( $V/div$ ) 有  $0.02, 0.05, .1, .2, .5, 1, 2, 5, 10$  九档可供选择。只有当对应的“微调”(VERNIER)旋钮置于“校准”(CAL)位置时(即顺时针转到底)上述标准才是正确的。

(3) “扫描速度” ( $t/div$ ) 有  $.1\mu s, .2\mu s, .5\mu s, 1\mu s, 2\mu s, 5\mu s, 10\mu s, 20\mu s, 50\mu s, .1ms, .2ms, .5ms, 1ms, 2ms, 5ms, 10ms$  十六档可供选择, 只有当对应的“微调”(VERNIER)旋钮置于“校准”(CAL)位置时(即顺时针转到底)上述标准值才是正确的。

(4) “稳定度”电位器(STABILITY)无旋钮, 必要时可用小起子调节。一般说来, 只有当调节“触发电平”(LEVEL)旋钮无法使波形稳定时才有必要。

## 6. ST16型示波器应用举例。

### 直流电压测量:

被测信号中, 如含有直流电平, 且此直流电平亦需进行测量时, 首先应确定一个相对的参考基准电位, 一般情况下的基准电位直接采用仪器的地电平, 其测量步骤如下:

1) 垂直系统的输入耦合选择开关置于“ $\perp$ ”、触发“电平”电位器位于“自动”, 使屏幕上出现一条扫描基线, 并按被测信号的幅度和频率将  $V/div$  档级开关和  $t/div$  扫速开关置于适当位置, 然后调节“ $\downarrow \uparrow$ ”垂直移动电位器, 使扫描基线位于坐标片如图 1-3 所示的某一特定基准位置(0V)。

2) 将输入耦合选择开关改置于“DC”位置。将被测信号直接或经 10:1 衰减探极接入仪器的 Y 轴插座 CZ22-1, 然后调节触发“电平”使信号波形稳定。

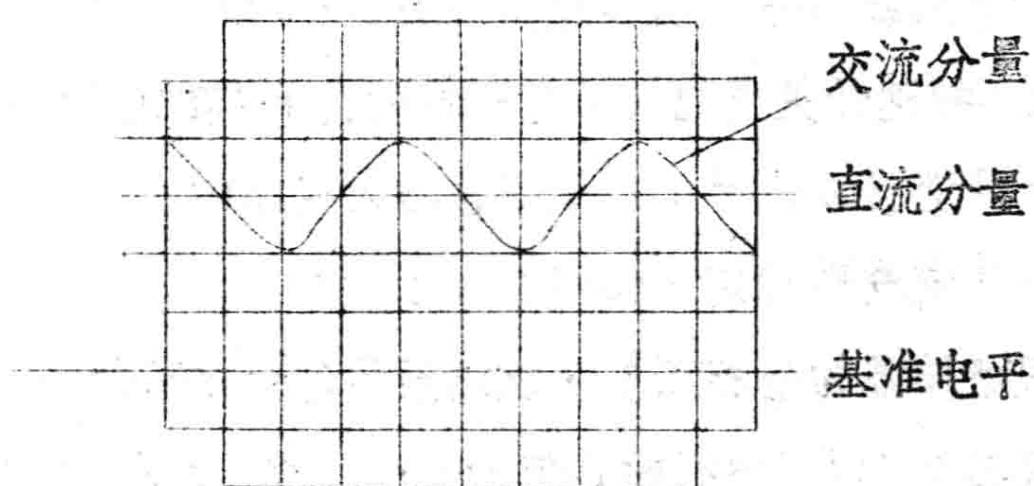


图 1-3

3) 根据屏幕座标刻度, 分别读出显示信号波形的交流分量 (峰—峰) 为  $A \text{ div}$ , 直流分量为  $B \text{ div}$  以及被测信号某特定 R 点与参考基线间的瞬时电压值为  $C \text{ div}$ 。若仪器  $\text{V/div}$  档级的标称值为  $0.2 \text{ V/div}$ , 同时 Y 轴输入端使用了 10:1 衰减探极, 则被测信号各电压值分别为:

被测信号交流分量:  $V_{P-P} = 0.2 \text{ V/div} \times A \text{ div} \times 10 = 2A (V_{P-P})$

被测信号直流分量:  $V = 0.2 \text{ V/div} \times B \text{ div} \times 10 = 2B \text{ V}$

被测信号 R 点瞬时值:  $V_R = 0.2 \text{ V/div} \times C \text{ div} \times 10 = 2C \text{ V}$

交流电压的测量:

一般是直接测量交流分量的峰—峰值, 测量时通常被测信号通过输入端的隔直电容, 使信号中所含有的交流予以分离, 否则被测信号的交流与直流分量迭加后往往会超过放大器的有效动态范围, 不得不采用较低的输入灵敏度档级, 从而影响交流分量的测量精度,

因此除了被测信号中交流分量的频率较低，耦合电容对信号具有较大的容抗，对被测信号引起一定的误差，所以仍应按上述直流电压的测量方法外，而交流电压的一般测量应按如下步骤：

1) 垂直系统的输入耦合选择开关置于“AC”， $v/div$ 档级开关和 $t/div$ 扫速开关根据被测信号的幅度和频率选择适当的档级，并将被测信号直接或通过10:1探极输入仪器的Y轴输入端，调节触发“电平”使波形稳定，如图1-4。

2) 根据屏幕的坐标刻度，读测显示信号波形的峰—峰值为 $Ddiv$ 如仪器 $v/div$ 档级标称值为 $0.1v/div$ ，且Y轴输入端使用了10:1探极，则被测信号的峰—峰值应为：

$$V_{P-P} = 0.1v/div \times Ddiv \times 10 = DV$$

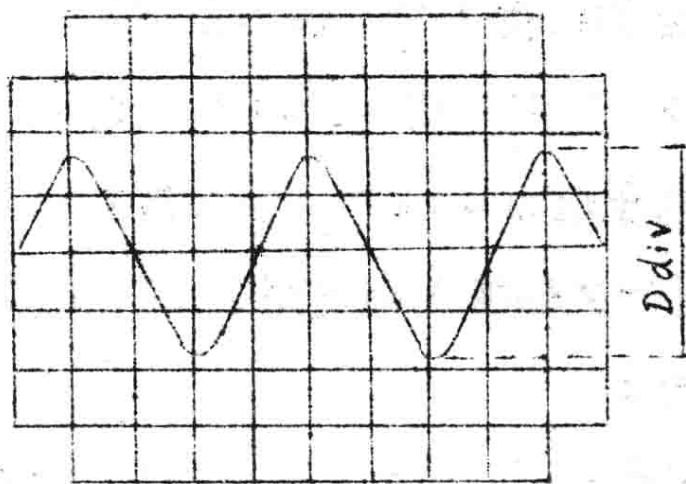


图 1 - 4

3) 对被测信号波形上任意两点的时间参数进行定量测量的步骤如下：

(1) 按被测信号的重复频率或信号波形上两特定点P与Q的时间间隔，选择适当的 $t/div$ 扫速档级，务使两特定点的距离应在屏幕的有效工作面内到达最大限度，以便提高测量精度见图1-5。