

高等工业学校用书

工业电子学实验指导书

GONGYE DIANZIXUE SHIYAN ZHIDAOSHU

何金茂主编

人民教育出版社

高等工业学校用书



工业电子学实验指导书

GONGYE DIANZIXUE SHIYAN ZHIDAOSHU

何金茂主编

人民教育出版社



本书包括整流、放大、振荡、脉冲等电子电路和仪器的实验共十四个,并附有电子电路元件及仪器使用说明等四个附录。

实验内容和份量系根据 1962 年拟定的高等工业学校 110 学时和 150 学时的工业电子学教学大纲(试行草案)编写的。各校可按专业性质和时间多少选做有关实验。

本书可作为工业电子学和电子技术基础课程的实验的试用教材。

工业电子学实验指导书

何金茂主编

北京市书刊出版业营业许可出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人民教育印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号K15010·1102 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 3 $\frac{12}{16}$

字数 94,000 印数 0,001—3,000 定价(7)¥0.45

1962 年 11 月第 1 版 1962 年 11 月第 1 次印刷

序

工业电子学在高等学校中系一門基础技术課程，它是实用性很强的一門功課，而实验又是学习这門課程的一个重要环节。实验的目的大致可归納为如下几点：

1. 验证理論。对課程中重要的电路和器件，用实验加以验证。在实验过程中，学生要学会如何以理論指导实践，并学会把实验过程中产生的现象提高到理論上去分析。

2. 熟悉电子电路中常用的元件，例如电子管、离子管、晶体管、各种电阻和电容等。了解它们的特征、性能和使用时注意事項。

3. 在一般电工测量的基础上，进一步掌握电子电路的测试技术；熟悉电子电路的工作特点，例如接綫方式、阻抗配合、干扰和接地等。

4. 了解和正确使用电子设备，例如电子示波器、电子管电压表、电子管稳压器等的应用范围和使用方法。

5. 培养学生寻迹較复杂的电路、检查故障和分析故障的能力。

然而，电子电路項目繁多，变化万千，不可能逐一加以验证；所以，实验課只能对一些最基本、最主要的規律加以研究，掌握了这些基本規律后，希望能做到举一反三。因此，我們編选实验內容时，首先，凡屬基本概念、基本規律方面的內容則尽可能詳細，宁可多用一些時間，而对于比較复杂、繁瑣的电路，則通过示范实验或現場教学等方式来进行。因此，实验数目不宜过多，宁可少些，但要保证最基本的訓練。其次，考虑到学生系在已經学过物理、电工基础、电工量計和部分电机学的基础上学习本課程的，所以，編写实验指导书时，对于实验所要达到的要求，則尽可能叙述詳細和具体，給出原理性电路；而对实验中所用的具体电路、参数定額、仪器仪表量程規格等，則要求学生在实验預习中自己确

定。对于有些实验,在实验前先做好一个有关的习题(作为讲课后的习题布置给学生,在课外完成),而习题中的具体数据,即为实验中所采用的。根据几年来的经验,“讲课、习题、实验”一条龙的办法是比较合适的。

虽然工业电子学课程有几种类型,学时有多有少,但对实验的基本要求还是一样的,所以,本指导书是以通用的原则编写的。书中共包括十四个实验,学时较少的可选做几个实验,学时较多的可多做几个或补充一些。本书的主要目的为供教师参考。

由于各校实验设备条件不一,实验中所用仪器和器件不可能强求一致,好在电子学实验均采用一些通用的元件和仪器,灵活性较大,因此,若认为本指导书在自己学校中可以基本上开出实验,则可以不再印发实验讲义或只发一些补充讲义。

由于编写时间的限制,书中并不包含示范实验。

书中实验一、八、十二和十三是由南京工学院电工学教研组负责编写(负责人:姜良京);实验二、三和十四是由吉林工业大学电子技术教研室负责编写(负责人:吴存亚);实验六、七、十一以及附录中的电子电路元件现场教学说明书是由华中工学院电工学教研室负责编写(负责人:康华光);实验四、五、九、十的编写工作和本书的主编工作由西安交通大学工业电子学教研组负责(负责人:何金茂)。全部实验由西安交通大学工业电子学教研组汇总整理并经过检验。

最后,本书经清华大学吴白纯等同志审阅并提出许多宝贵意见,谨此致谢。

由于我们经验不多,编写时间较紧,不妥之处一定不少,十分期望兄弟学校的师生们指正。意见请寄北京景山东街45号人民教育出版社。

何金茂 1962年4月

目 录

序	v
工业电子学实验注意事项	1
实验一 电子示波器的使用练习	3
实验二 单相全波电子管整流器	12
实验三 闸流管起燃特性和可控整流器的研究	16
实验四 低频电压放大器的研究	21
实验五 低频电压放大器的反馈	25
实验六 推挽功率放大器	30
实验七 直流放大器	34
实验八 相敏放大整流器的研究	38
实验九 晶体管特性的测定	42
实验十 晶体管交流放大器	50
实验十一 RC 振荡器的研究	54
实验十二 脉冲形成	58
实验十三 多谐振荡器的研究	63
实验十四 直流电子稳压器	67
附录一 电子电路元件现场教学说明书	71
附录二 电子管电压表的应用	103
附录三 直流电子稳压电源的应用	109
附录四 音频信号发生器的应用	112

工业电子学实验注意事项

一、实验的预习

1. 阅读实验指导书,了解实验目的、内容和要求。

2. 完成指导书内规定的预习内容。如必须做好有关的习题;查好所用的电子管、离子管、半导体管的规格、管座图和实验有关的计算公式;画出实验所用的接线图;并在图中注明所选用电阻、电感、电容、电源保险丝及其他电器、元件和仪器的规格。了解各实验步骤、预期结果和必须记录的数据表格(表格中应注明实验的给定条件,被测数据的代用符号及其单位等)或比较的曲线。以上各项每个学生必须记在专用的练习簿上,在进行实验前教师可抽查学生预习情况,如果未做好预习工作,得停止其参加实验。

3. 进行实验前,先到实验室预先熟悉仪表设备、电源定额及其调节方法等。

二、实验的进行

1. 在进行接线前,必须先合理布置仪器设备的位置,以利于调节参数、读取电表读数和减少干扰来源。然后再选择容量合适和长度适当的导线进行接线。

2. 接线时,一组学生可分工进行,但在接线完毕后,每个学生必须对全部接线进行检查,全组学生经讨论取得一致意见后,再请指导教师检查,检查发现错误,应由学生自行更改,经教师许可后,方可接通电源。

3. 在接通电源时,必须注视电表读数。在实验过程中,如发现不正常现象(如无电流和电压,电流过大,电压过高)应立即将总电源断开,在教师指导下,学生自行检查原因。

4. 实验过程中, 必须注意人身安全, 禁止人身接触带电部分, 不许带电操作。

5. 在实验过程中, 对国家财产须倍加爱护, 如发生仪器设备损坏事故, 应立即告知指导教师, 并到实验室办理事故登记和处理手续。

6. 实验时可由一名学生负责记录读数, 但不应固定某人负责所有实验的记录工作, 而应由学生轮流负责记录, 以免影响实际操作的锻炼。

7. 实验告一段落时, 在改接电路或拆除电路之前, 先按所得数据粗略地画出曲线, 以便及时发现明显的错误。

8. 实验记录经指导教师检查同意签名后, 始认为实验工作完毕。

9. 在实验工作中应将实验记录与理论的结果联系起来, 如有与预习的结果不合之处, 应特别注意检查和分析其原因。

三、实验报告

1. 报告必须用规定的纸张, 由每人分别写出。报告必须抄写清楚整齐。

2. 报告中必须填好实验日期、班级、组别、同组学生姓名、指导教师姓名等项。

3. 报告中必须包括实验指导书中所列有关实验报告的各项要求, 特别对实验结果分析与理论对比要认真做好。

4. 关于实验数据的计算, 应先写出有关的公式, 然后用实际数据代入计算一、二个例子, 其他相同计算的结果, 用表列出即可。

5. 不论计算或绘制曲线, 均应表示出数据的代用符号及其所用的单位。绘图应清晰端正, 合乎规格。

6. 实验报告中应绘出实验时的实际电路及所用设备的规格或编号。

7. 实验报告必须全部装订好, 报告必须在实验完毕一星期内交给指导教师。

8. 所缴报告经指导教师审阅后, 认为不合格者, 得退回重做。

实验一 电子示波器的使用练习

一、实验目的

1. 熟悉电子示波器面板上各种控制旋钮和接线柱的作用。
2. 学习示波器的基本应用: 显示电压或电流波形(这是本实验的主要内容); 测量频率和相位; 画出任意二个参量之间的函数关系曲线。

二、实验原理电路

1. 用李沙育图形法测量电压频率的电路, 如图 1.1 所示。

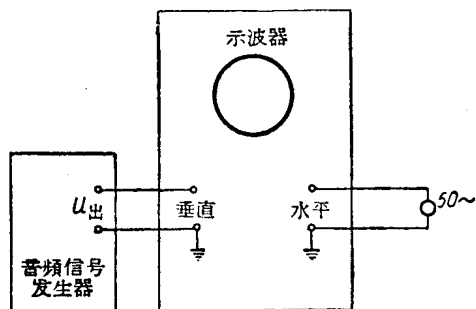


图 1.1 用李沙育图形测量频率的电路图。

2. 测量相位差的电路, 如图 1.2 所示。
3. 测量电路元件的伏安特性, 如图 1.3 所示。

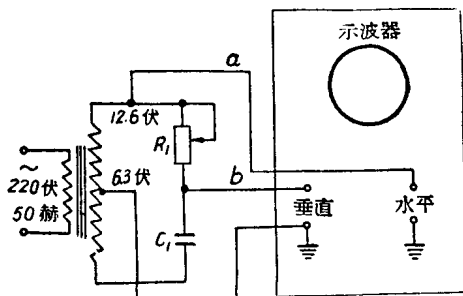


图 1.2 测量相位差的电路图。

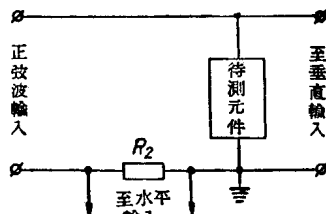


图 1.3 显示电路元件伏安特性的电路图。

待测元件可以为电阻、真空二极管、锗二极管、氧化亚铜整流器或硒整流器等。

三、实验内容和步骤

1. 认清示波器各控制旋钮和接线柱的位置,并弄清它们的作用,然后将示波器插上电源,开始以下各项实验:

(a)由示波器的试验电压端,引出 50 赫的电源电压(已经过降压)到垂直输入端(注意:显示波形需在水平偏向板加上扫描电压)。调节控制辉度、聚焦、垂直位置、水平位置、垂直增益、垂直衰减、水平增益等各个旋钮,使图象恰能看清,波形最细而位置在荧光屏中间,研究以上各旋钮的作用。

选择扫描频率的粗调和细调,选择整步(又称同步)信号类型和整步信号电压大小,使荧光屏上现出清晰稳定的 $\frac{1}{2}$ 、1、2 周期等的试验电压的波形,特别注意整步的作用。

*(b)将试验电压从垂直输入端断开,调节垂直增益旋钮,以获得大的放大倍数,用手指接触垂直输入端的接线柱,观察荧光屏上出现的 50 赫干扰现象,并加以解释。如果手指接触垂直输入的接地端,这时出现的现象又如何?为什么?

2. 按图 1.1 接线,以 50 赫的电源电压(即试验电压)作为频率的标准(注意:这时应不用扫描,想一想为什么?),根据李沙育图形校对音频振荡器的下列频率: 25、50、100、150 赫的刻度是否准确,画下这些情况时的李沙育图形。

3. 按图 1.2 接线,调节可变电阻 R_1 ,可观察到不同相位差时的李沙育图形。选择其中一种情况,就波形算出相位差,读取移相电路中的电阻和电容值,从理论上计算出相位差,并比较之。

4. 将图 1.2 中的接线 a 拆去(凡改换电路接线时,均应先断开电源),调节扫描电压到 50 赫附近,加到水平偏向板,并将整步选择开关置于“电源”位置,调节整步电压使波形固定不动,在荧光屏上描出此

波形。然后将图 1.2 中的接线 b 拆去, 将接线 c 接到垂直输入端, 重复上述试验, 将显示出的波形描绘于荧光屏上。从描出的两个波形, 测量其相位差, 并与上列的实验内容 3 所得的结果相比较。

5. 选择一个待测元件(建议用锗二极管), 按图 1.3 接线, 观察并画出二参量(伏特和安培)之间的函数关系曲线。

如果实验时把整步电压选择开关放在“内”整步或“外”整步位置, 测得的结果又将如何? 并解释之。

四、实验预习要求

1. 利用示波器的方框图(见图 1.4), 了解示波器的主要组成部分, 以及每一部分的作用, 然后和图 1.5 示波器面板上的旋钮及接线柱的位置与作用加以对照, 以期达到对示波器有初步认识的目的。

2. 了解示波器的主要应用及其应用原理, 其中特别要搞清楚在显示电压波形和利用李沙育图形测量频率及相位的方法。它们有什么不同? 即什么时候要用扫描, 什么时候不用, 为什么?

3. 熟悉实验时所用示波器类型的主要规范, 例如输入被测电压的最大容许值、偏向放大器的频率范围等。了解示波器使用注意点。

4. 考虑好如何能在示波器上得到一个清晰稳定的波形, 应按照什么次序调节各旋钮才能达到目的, 将具体步骤预先写出。

5. 要得到 n 个周期的波形时, 垂直输入信号频率应为扫描频率的多少倍? 写出能显示出 $\frac{1}{2}$ 、1、2 周期等的试验电压的波形时, 扫描频率各为若干?

6. 由于垂直输入、水平输入和试验电压等的接地端已由示波器内部连接在一起, 因此在预习时, 要考虑好试验电压如何加法? 测伏安特性时, 如何接线才是正确无误(否则可能会产生电源短路等事故)?

五、实验报告要求

1. 画出实验步骤 2 中的李沙育图形。

2. 比较示波器测得的相位差和理论计算结果是否相同。

3. 画出实验步骤 5 中的二参量之间的关系曲线，与理论结果进行比较。

六、实验注意事项

1. 示波器接通电源后，应该至少等候 1 分钟，待各电子管的灯丝热稳定后，然后调节辉度、聚焦、增益等旋钮。

2. 光点不可太亮，其直径一般不大于 1 毫米；并且不能在一点停留过久，以免在该处烧坏荧光屏。

3. 选用扫描频率最好由低到高；选用整步信号应由弱到强。

4. 垂直和水平衰减，应从衰减最大位置开始，视需要逐渐减少。垂直和水平增益，应从最小位置开始，视需要逐渐增加。

开始调节示波器时，垂直和水平位置的旋钮应放在中间位置。

5. 连接测量相位差和测量伏安特性的电路时，应注意垂直输入与水平输入的接地端在示波器内已经接在一起，在这两接地端上不可跨接电压，以免发生短路。

6. 示波器的垂直放大器和水平放大器都会引起一定程度的相移，相移大小随增益旋钮位置而异。因此，在经过放大器比较不同情况下的相位时，增益旋钮位置应该固定不变，使由示波器的放大器本身所产生的相移，在各种不同情况下均相同，不影响实际相位差的正确性。

7. 示波器暂时不使用时，无需将电源断开，只须旋转辉度旋钮或光点开关，使光点消失即可，以免经常开闭电源，使电子管灯丝时冷时热，易于损坏，并使读数不准。

说明 I. 简单示波器的初步认识

1. 一个简单的示波器包括下列组成部分。

- (a) 示波管电路；
- (b) 扫描(时间基线)发生器；
- (c) 垂直偏向放大器；
- (d) 水平偏向放大器；
- (e) 电源。

各組成部分間的相互联系如图 1.4 所示。

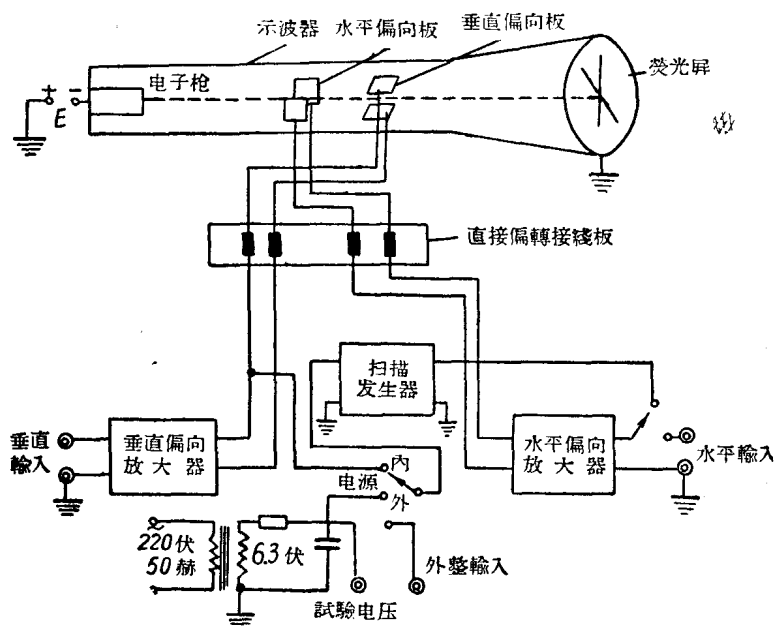


图 1.4 简单示波器組成部分的简化方框图。

2. 示波管电路主要包括一个示波管。示波管内有一个电子枪，一对水平偏向板，一对垂直偏向板，一块荧光屏。电子枪用来发射电子束，电子束打到荧光屏上使荧光屏发亮。荧光屏上光点的亮度决定于电子束中电子的数量和速度，光点的粗细则决定于电子束的粗细，它们可以分别由面板上的辉度与聚焦旋钮来调节。国产新建 125 型示波器的面板布置图如图 1.5 所示。

(1) 射往荧光屏的电子束要经过水平偏向板与垂直偏向板。水平偏向板是垂直放置的，在它上面加上偏向电压时，将使荧光屏上光点根据左板正一些或右板正一些而向左或向右移动。垂直偏向板是水平放置的，在它上面加上偏向电压时，将使荧光屏上光点根据上板正一些或下板正一些而向上或向下移动。光点的位置可以由面板上的水平位置及垂直位置旋钮来调节。

如果垂直偏向板上所加电压如图 1.6, a 所示，水平偏向板上所加电压如图 1.6, b 所示(随时间直线增加的锯齿形电压)，则荧光幕上光点的轨迹将如图 1.6, c 所示。读者可就图逐点查对，以了解光点轨迹形成的过程。

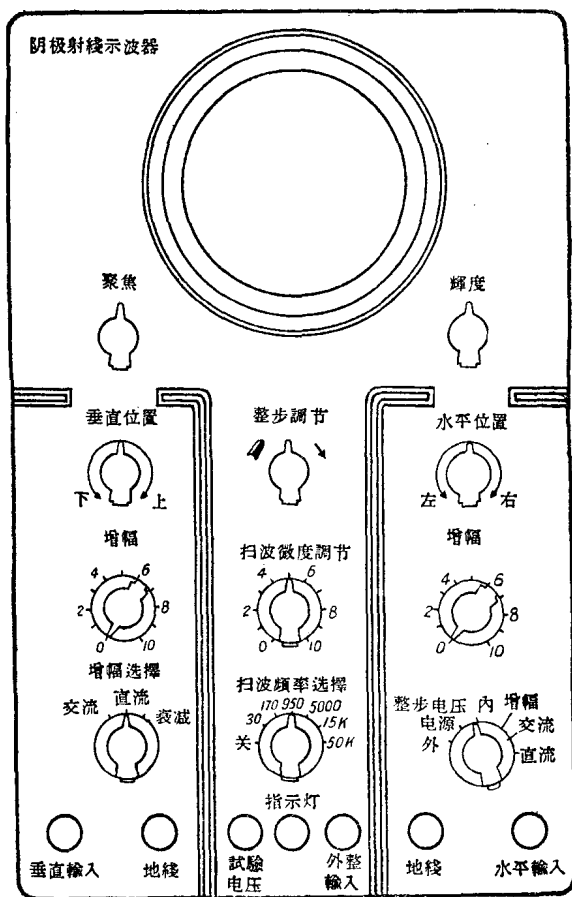


图 1.5 国产新建125型示波器面板布置图。

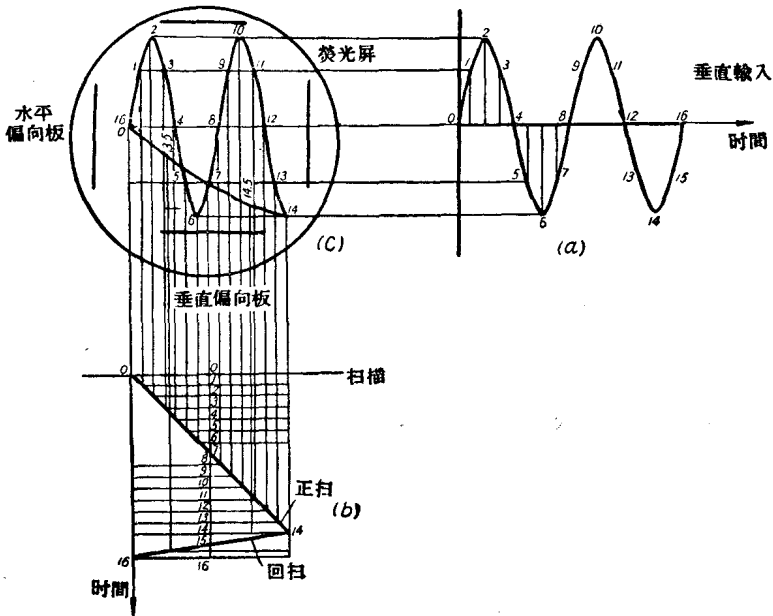


图 1.6 显示正弦波形的原理图。

3. 扫描发生器是用来产生如图 1.6, b 所示的锯齿波电压的。它的频率范围约自 5 赫到 25 千赫(用于高频测量的示波器, 扫描频率可达更高)。扫描电压的频率一般由频率粗调节(又称频率范围)旋钮与频率细调节旋钮来控制。粗调节将频率分段, 细调节则为每段中的连续调节。扫描的频率可以与垂直偏向板上的信号电压、或电源电压、或其他外加电压的频率整步。整步选择开关是用来选择扫描频率究竟是和哪种电压整步的。一般情况下是选择与信号电压整步(又称内整步), 就是使扫描电压的频率与信号电压(或其他电压)的频率间成一整数倍的关系, 因而在荧光屏上就可显出稳定的、完整的波形; 否则便会出现波形跳动和叠加的现象。要达到整步, 必先调节扫描频率, 使信号频率尽量地接近扫描频率的整数倍(这时在荧光屏上显示的波形向左移动很慢或几乎不动), 然后调节整步调节旋钮(调节整步电压输入的大小), 由小到大(顺时针方向转)以获得稳定的整步。注意整步电压不宜太大, 否则可能使波形失真。

4. 垂直偏向放大器是用来放大待观察的信号电压的。放大器的输入端与待观察的信号电压连接, 放大器的输出端则与垂直偏向板连接。放大器输出的大小

是由增益控制旋鈕来調节的。在观察高压信号时,可不用放大器,而将信号电压直接或經过衰减器接到垂直偏向板上。

5. 水平偏向板放大器是用来放大加到水平偏向板上的电压的。这个电压可以是扫描发生器的输出电压,也可以是其他电压,由放大器的选择开关来决定。水平偏向放大器输出的大小是由水平增益控制旋鈕来調节的。信号电压較高时也可以不經過放大器而直接接到水平偏向板上。在一般示波器中,上述两种放大器的定額大致如下:放大頻帶約 20 赫到 100 千赫,最大輸入电压的有效值为 220 伏到 500 伏,視具体型号而异。

6. 示波器的电源是供給示波器各組成部分所需要的功率,它經過面板上的电源开关与电网相接。在示波器停止使用时应放在断开的位置。示波器面板上的試驗电压是从它内部灯絲变压器引出来的,大小約为 5 伏左右,频率为 50 赫。

說明 II. 示波器的基本应用及其原理

示波器的基本应用是:(1)显示电压或电流的波形,并可測量其大小;(2)測量频率和相位;(3)显示和測量任意二参量之間的函数关系曲綫。

应用的原理簡述如下:图 1.6 所示的波形关系,也就是示波器作为基本应用(电压随時間改变的关系)时所根据的原理。如果水平偏向板上所加的电压如图 1.6, b 所示的鋸齿形波,而垂直偏向板上加着待测电压时,則荧光屏上光点軌迹,即表示电压随時間改变的波形。如鋸齿波扫描一次的周期已知,由荧光屏上波形的数目便可以决定垂直輸入电压波的周期,周期倒数即频率。光点軌迹的幅度正比于垂直偏向板上电压的幅度,用已知电压加到偏向板上加以校准,即可根据光点幅度决定垂直輸入电压的大小。当电流流过已知电阻、并测得电阻上的压降时,电流值就可以計算出来。

如果水平偏向板上所加的不是鋸齿波电压,而是另一正弦波輸入,那么便可得到像橢圓之类的李沙育图形。根据图形可测得频率与相位差,它們的詳細原理以及如何測量二参量間函数关系等的应用,可見参考資料 1。

注 說明部分可由指导教师在教学前简单地讲解。

注 建議采用的元件参数及設備

1. 元件参数:

面接触式鍺二极管 ДГ-Д21

$R_2 = 100$ 欧 0.5 安以上 滑綫电阻作固定电阻用

移相电桥可与实验三中的通用

2. 設備:

电子示波器	新建125 型或其他型式	1 台
音频信号发生器	20 赫—20 千赫	1 台
电源变压器	单相 20伏安以上	$\frac{220}{24}$ 伏 1 台

参 考 资 料

1. 华中工学院、西安交通大学等校編, 沈尙賢主編: “工业电子学”下册, § 8.3.2—§ 8.3.5, 人民教育出版社, 1962 年修訂版。
2. 摩尔登、納德勒著, 孟昭英譯: “电子示波器”, 高等教育出版社, 1956 年。