



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

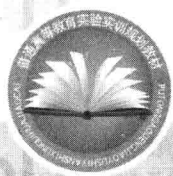
电子技术实验指导书 (模拟部分)

李保平 主 编
许丽敏 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

电子技术实验指导书 (模拟部分)

主 编	李保平
副主编	许丽敏
编 写	羿宗琪
主 审	王汉桥



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材（电力技术类）。

本书共分两大部分。第一部分为电子技术实验基本知识，主要包括电子技术实验的基本任务、基本操作程序，实验数据误差的基本分析和实验要求与实验报告的编写；第二部分为模拟电子技术实验，主要包括常用电子仪器仪表的认识使用、晶体管单管共发射极放大器、场效应管放大器、负反馈放大器、射极输出器、差动放大器、集成运算放大器指标测试等十五项实验。本书中所有标*号的内容均为选用内容。

本书可作为高职高专院校电力技术类、自动化类、电子信息类等相关专业的模拟电子技术实验教学用书，还可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验指导书. 模拟部分/李保平主编. —北京:
中国电力出版社, 2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类

ISBN 978-7-5083-8282-1

I. 电… II. 李… III. ①电子技术—实验—高等学校—
教学参考资料②模拟电路—电子技术—实验—高等学校—
教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 210548 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 2 月第一版 2009 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 5.25 印张 120 千字

定价 8.60 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

随着各行各业对高等技术人才需求的不断增加，近年来我国的高等职业技术教育得到了迅速的发展，高等职业技术教育的重点也越来越向着实验实训环节转移。由于模拟电子技术的基本知识、基本电路、基本原理等内容比较抽象难懂，因此模拟电子技术的实践环节——模拟电子技术实验就显得尤为重要。本教材是根据高职高专培养目标，并结合教学实际编写而成，是与理论教学相配合的实验教材。

本书共分为两部分。第一部分为电子技术实验基本知识，重点讲述如何有效地完成模拟电子技术实验、检验实验结果、正确编写实验报告；第二部分是模拟电子技术实验，注重了与理论教学内容的结合，使每一个实验在完成理论内容验证的同时起到帮助学生充分理解理论难点的作用。

本书为学生服务方面主要体现在：一般学生在模拟电子技术的学习过程中，理论知识对实践的指导是一个难点。为了解决这一难点，本教材中每一个实验课题中都详述了每一实验步骤对应的理论知识点；另外，在每一个实验课题的思考题部分给出了较多的思考题，以敦促并帮助学生提高分析问题解决问题的能力。

本书为教师服务方面主要体现在：本教材的实验课题以及每一个实验课题的内容比较丰富，教师在教学过程中可以根据学生的水平和教学重点进行选择。

本书由保定电力职业技术学院李保平主编，保定电力职业技术学院许丽敏为副主编、哈尔滨电力职业技术学院羿宗琪参编。许立敏编写了实验一、二、四、十二以及附录一、二、三，羿宗琪编写了实验三、五、六、十一、十三，其余内容及全书的统稿由李保平完成。本书承蒙武汉电力职业技术学院的王汉桥副教授仔细审阅，在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不妥或疏漏之处，恳请使用本书的师生和读者给予批评指正。

编者

2008年11月



目 录

前言

第一部分 电子技术实验基本知识	1
1.1 电子技术实验的基本任务	1
1.2 电子技术实验的基本操作程序	1
1.3 实验数据误差的基本分析	4
1.4 实验要求与实验报告的编写	5
第二部分 模拟电子技术实验	7
实验一 常用电子仪器仪表的认识使用	7
实验二 晶体管单管共发射极放大器	12
实验三 场效应管放大器	20
实验四 负反馈放大器	23
实验五 射极输出器	27
实验六 差动放大器	31
实验七 集成运算放大器指标测试	35
实验八 集成运算放大器的线性应用——模拟运算电路	41
实验九 集成运算放大器的非线性应用——电压比较器	45
实验十 集成运算放大器构成的信号发生器	48
实验十一 LC 正弦波振荡器	52
实验十二 函数信号发生器的组装与调试	55
实验十三 功率放大器 OTL	57
实验十四 直流稳压电源	60
实验十五 三端集成稳压器	64
附录一 应用万用电表检测常用电子元器件	68
附录二 电阻器的标称值及精度色环标志法	71
附录三 放大器干扰、噪声抑制和自激振荡的消除	73
参考文献	76

第一部分 电子技术实验基本知识

1.1 电子技术实验的基本任务

电子技术实验内容丰富，涉及的知识面很广。其中模拟电子技术实验内容主要覆盖：示波器、信号源等常用电子仪器设备的使用方法；频率、相位、时间、脉冲波形参数和电压、电流的平均值、有效值、峰值以及各种电子电路主要技术指标的测试技术；常用元器件的质量判别和参数测量；小规模电子线路的设计、组装与调试技术；实验数据的分析、处理能力；电子线路仿真软件应用等。因此，实验的基本任务就是使学生在基本实践知识、基本实验理论和基本实验技能三个方面受到较为系统的教学训练，同时逐步培养学生主动手分析解决问题的能力，培养学生将理论与实践有效结合的能力。

实验教学应强调以学生实际操作为主、教师辅导为辅，以理论联系实际为主、以理论教学为辅的原则。教师在实施实验教学的过程中，依据因材施教的基本原则，对不同程度的学生可以提出不同的要求。在完成规定的基本实验内容的前提下，允许部分学生在教师的指导下由学生主导尝试小规模电子线路的设计、组装和调试，用于培养学生综合运用实验理论和加强实践技能的训练。

为了顺利完成实验教学的任务，取得良好的教学效果，要求学生必须做到：实验前明确实验目的，预习实验所涉及的相关理论知识，思考并提出问题；实验过程中认真完成实验项目，注意并记录实验现象和实验数据，实验结束后分析实验中出现的异常现象，解决或思考其中的问题且积极寻找答案，最后整理完成实验报告。

实验教学内容的考核是检验和巩固实验教学效果的一个重要环节和手段。因此要求实验教学过程中，每一个实验题目完成后有完整的实验报告；学期末要进行包括实验理论、实验技能和基本实践知识三个方面的口试、笔试和实际操作相结合的考核。

1.2 电子技术实验的基本操作程序

为了安全顺利地地完成一个实验项目并且达到预期的目的，电子技术实验也有其特有的基本操作规程。因此，要求一开始就注意培养正确、良好的操作习惯，并逐步积累经验，不断提高实验水平。

一、实验仪器的合理布局

实验时，各仪器仪表和实验对象（如实验板或实验装置等）之间，应按信号流向，并根据连线简捷、调节顺手、观察与读数方便的原则进行合理布局。

图 0-1 为几种常用实验仪器的一种布局形式。输入信号源（函数信号发生器）、交流毫伏表置于实验板（被测电路）的左侧，测试用的示波器置于实验板的右侧，实验用的直流稳压电源放在中间位置。

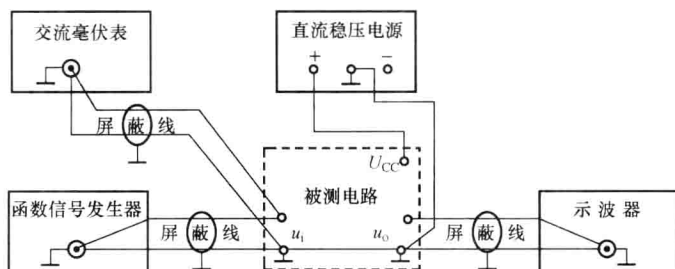


图 0-1 实验仪器的布局

二、在线路板上连接电子线路

电子线路的安装连接质量是使电子实验达到预期目的的基础。在连接实验电路时，应注意以下几点：

(1) 装配前应通过仪器设备认真检查各元器件的标称值与性能参数是否符合电路要求，确认无误后再进行连线。

(2) 元器件的位置安排要布局合理，既要使布局紧凑、引线短捷，又要避免引线间相互交叉而造成的短路故障。一般来说，对于较复杂的电子线路，应先按原理电路图画出生物连线图，然后进行线路连接。利用等电位原理，分散同一电路节点上的多个支路连线，以尽量避免同一个接线点上连接三根以上的导线。

(3) 元器件本身的管脚长度要适当，不要齐根弯曲，以免折断。对于印有标称字样的元器件，应考虑将数字朝外，以便于识别与检查。

三、电子实验装置上的器件接插安装与布线

实验室中理论验证实验常采用将仪器仪表、线路板组装在一起的各类电子技术实验台(箱)，这些实验台(箱)上通常有一块或数块多孔插座板以及不同脚数的集成电路基座。利用这些多孔插座板或集成电路基座可以方便地直接接插、安装和连接实验电路而无需焊接。正确和整齐地布线可以使实验过程中的检查、测量方便，更重要的是可以确保线路稳定可靠地工作，从而使实验顺利进行。草率的和杂乱无章的接线往往会导致线路中出现故障的频率加大，并且在出现故障时难以排查，最终不得不拆掉原有接插件和连线，而重新接插元器件、连线等全部实验电路。因此，在多孔插座板上接插安装电子线路时应注意做到以下几点：

(1) 一定要断开电源。

(2) 首先要认真观察实验台面板，弄清楚仪器设备、多孔插座板和相关布线的基本结构，认真听取实验室指导教师关于实验台使用注意事项，避免由于实验台及其相关设备使用不当造成的对设备或人员的伤害，然后根据实验台的结构特点来安排元器件位置和电路的布线。一般布线原则是以集成电路或三极管为中心，将输入端、输出端分离开，以适当的间距来安排其他元件。最好先画出实物布置图和布线图，以免发生差错。

(3) 接插元器件和导线时要非常细心。接插前，必须先用钳子或镊子把待插元器件和导线的插脚弄平直。接插时，应小心地用力插入，以保证插脚与插座间接触良好。实验结束时，应一一轻拔下元器件和导线，切不可用力太猛。注意接插用的元器件插脚和连接导线均不能太粗或太细，一般以线径 0.5mm 左右为宜，导线的剥线头长度约 10mm。

(4) 布线的顺序一般是先布电源线与地线, 然后按布线图, 从输入到输出依次连接好各元器件和接线。在可能条件下应尽量做到接线短、接点少, 但同时又要考虑测量的方便。

(5) 在接通电源之前, 要仔细检查所有的连接线。特别注意检查各电源的连线和公共地线是否接得正确。查线时仍以集成电路或三极管的引脚为出发点, 逐一检查与之相连接的元件和连线, 在确认正确无误后方可接通电源。

四、正确的接线规则

(1) 仪器和实验板间的接线要用颜色加以区别, 以便于检查, 如电源线(正极)常用红色, 公共地线(负极)常用黑色。接线头要拧紧或夹牢, 以防因接触不良或脱落而引起短路或断路。

(2) 电路的公共接地端和各种仪表的接地端通常应连接在一起, 既作为电路的参考零点(即零电位点), 同时又可避免引起干扰, 如图 0-1 所示。在某些特殊场合, 还需将一些仪器的外壳与大地接通, 这样可避免外壳带电而确保人身和设备安全, 同时又能起到良好的屏蔽作用。如在焊接和测试 MOS 元件时, 电烙铁和测试仪器均要接大地, 以防它们漏电而造成 MOS 元件的击穿。

(3) 信号的传输应采用具有金属外套的屏蔽线, 而不能用普通导线。并且屏蔽线外壳要选择一点接地, 否则也可能引进干扰, 而使测量结果和波形异常, 如图 0-2 所示。

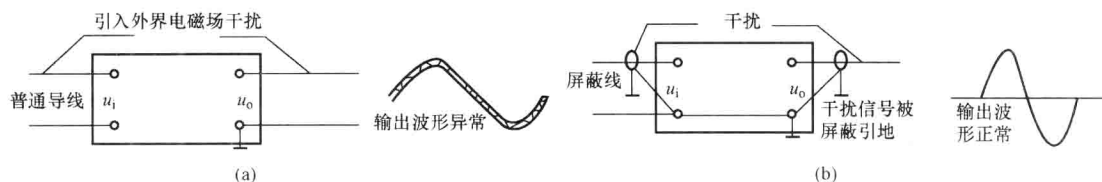


图 0-2 外界电磁场干扰与屏蔽

(a) 采用普通导线会引入电磁场干扰; (b) 采用屏蔽线可避免外界电磁场干扰

五、测试前的准备

在线路按要求安装完毕后即将通电测试前, 应做好以下准备工作:

(1) 根据不同的测试对象正确选用合适的仪表和量程。如在不同场合下, 测量不同频率范围和不同电压量级的信号电压, 应注意选用不同灵敏度内阻、频响的电压表。观察不同频率范围的信号波形, 同样要选用不同规格的示波器。另外, 所选的量程要合适, 否则将造成较大的测量误差。

(2) 检查各种仪器面板上的旋钮, 使之处于所需的待用位置。例如, 直流稳压电源的输出, 根据实验线路需要置于所需的档位, 并将其输出电压调整到所要求的数值, 切勿在调整电压前随意与实验电路板接通。电压或电流表应选择正确的档位: 所选量程过大时, 测量数据误差将增大; 若所选量程满偏值小于估测电量值易造成表计的损坏等。

(3) 测试数据较多时, 需设计画出科学合理且明确的记录数据的表格。所记录的数据必须是原始读数, 而不是经换算后的数值, 并应标明测量量的名称、单位。需绘制曲线时, 注意在曲线变化显著的部位(例如曲线)要多读取一些数据。对测得的原始数据在理论上预先给出估计值或范围, 以便根据测试过程中数据的合理性及时发现问题、解决问题。

(4) 对照实验电路图, 对实验电路板中的元件和接线进行仔细的寻迹检查, 检查各引线有无接错, 特别是电源与电解电容的极性有否接反, 各元件及接点有无松懈接线不牢, 并注

意防止碰线短路等问题。经过认真仔细检查,确认安装无差错后,方可按前述的接线原则,将实验电路板与电源和测试仪器接通。

六、注意人身和仪器设备的安全

1. 注意安全操作规程,确保人身安全

(1) 为了确保人身安全,在调换仪器、元器件和改变仪器设备的量程等时,须切断实验台的电源。另外为防止器件损坏,通常要求在切断实验电路板上的电源后才能改接线路。

(2) 仪器设备的外壳如能良好接地,可防止机壳带电,保证人身安全。在调试时,要逐步养成用右手进行单手操作的习惯,并注意人体与大地之间有良好的绝缘。

2. 爱护仪器设备,确保仪器和实验设备的使用安全

(1) 在仪器使用过程中,不必经常开关电源。因为每次开关电源都会引起电冲击,结果反而使仪器的使用寿命缩短。

(2) 切忌无目的地随意摆弄仪器面板上的开关和旋钮。实验结束后,通常只要关断仪器电源和实验台的电源,而不必将仪器的电源线拔掉。

(3) 为了确保仪器设备的安全,在实验室配电屏、实验台及各仪器中通常都安装有电源熔断器。仪器使用的熔断器,常用的有 0.5、1、2、3A 和 5A 等几种规格,应注意按规定的容量调换熔断器,切勿随意代用。实验室的总电源、实验台的电源以及相关的熔断器由实验室的指导教师负责,在未经教师同意前不得擅自触碰甚至改动相关装置。

(4) 要注意仪表允许的安全电压(或电流),切勿超过。当被测量的大小无法估计时,应从仪表的最大量程开始测试,然后逐渐减小量程。

1.3 实验数据误差的基本分析

在科学实验与生产实践的过程中,为了获取被研究对象特征的定量信息,必须准确地进行测量。而为了准确地测量某个参数的大小,首先要选用合适的仪器设备,并借助一定的实验方法,以获取必要的实验数据;其次是对这些实验数据进行误差分析与数据处理。

众所周知,在测量过程中,由于各种原因,测量结果(测量值)和待测量的客观真值之间总存在一定差别,即测量误差。因此,分析误差产生原因,如何采取措施减少误差,使测量结果更加准确等,对实验人员及科技工作者来说是应该了解和掌握的。

一、测量误差的来源

测量误差的来源主要有以下几种:

(1) 仪器误差。它是指由于仪器的电气或机械性能不完善所产生的误差,如校准误差、刻度误差等。

(2) 使用误差(又称操作误差)。它是指在使用仪器过程中,因安装、调节、布置、使用不当引起的误差。

(3) 人身误差。它是指由于人的感觉器官和运动器官的限制所造成的误差。

(4) 环境误差。它是指由于受到温度、湿度、大气压、电磁场、机械振动、声音、光照、放射性等影响所造成的附加误差。

(5) 方法误差(又称理论误差)。它是指由于使用的测量方法不完善、理论依据不严密

以及对某些测量方法做了不适当的修改简化所产生的误差,即凡是在测量结果的表达式中没有得到反应的因素,而实际上这些因素又起作用的误差。例如,用伏安法测量电阻时,若直接以电压表示值与电流表示值之比作测量结果,而不计电表本身内阻的影响,就会引起误差。

二、测量误差的分类

根据误差的性质及产生原因,可分为系统误差、随机误差和过失误差三大类。

(1) 系统误差。在规定的测量条件下对同一个量进行多次测量时,如果误差的数值保持恒定或按某种确定的规律变化,则称这种误差为系统误差。例如,电表的零点不准造成的误差,属于系统误差。

系统误差有一定的规律性一般可通过实验和分析找出原因,设法减弱和消除。

(2) 随机误差(偶然误差)。在规定的测量条件下对同一个量进行多次测量时,如果误差的数值发生不规则变化,则称这种误差为随机误差。例如,热噪声、外界干扰和测量人员感觉器官微小的变化所引起的误差等都属于随机误差。

尽管在每次测量某一量时其偶然误差是不规则的,但是实践证明,如果测量次数足够多,偶然误差的平均值的极限就会趋近于零。所以,通过多次分析测量某一量并求出其算术平均值,可以消除随机误差。

(3) 过失误差。在一定的测量条件下,测量出现明显偏离真值的误差。这是由于测量者对仪器不了解或粗心,导致读数不正确而引起的误差。通过分析,确认是过失误差的测量数据,应该予以剔除。

1.4 实验要求与实验报告的编写

实验通常分为三个阶段,即实验准备、实验过程和实验报告。

一、实验准备

要使实验获得良好的效果,在实验进行之前必须进行充分的准备。实验准备主要包括以下几个方面:

- (1) 阅读实验教材,明确实验目的、任务,了解实验内容及测试方法。
- (2) 复习有关理论知识并掌握所用仪器的使用方法,认真完成所要求的与本实验相关的电路设计、理论计算、接线设想(或接线草图)等任务。
- (3) 根据实验内容思考并确定测试方案。
- (4) 根据实验中应记录的原始数据和待观察的波形,设计并完成相应的表格。

二、实验过程

要以实事求是的科学态度认真做好每次实验。因此,对于实验过程中的每一项操作,在进行操作前,都应明确测试内容、目的、方法,做到有的放矢。

- (1) 对照实验教材规定的实验内容及实验前的准备,正确连接实验线路。
- (2) 在实验过程中,正确读测各种实验原始数据并准确记录,不能随意修改或抄袭他人(或其他实验小组)的实验数据。

如果发现实验数据不合理或实验现象不正常,首先断开实验线路的电源,然后认真检查

线路连接是否存在问题、实验设备状态是否正常等。数据经初步整理后，再请指导教师审阅确认，方可拆除实验线路，结束实验的操作部分。避免由于实验中存在问题未能察觉和解决，实验结果又未经指导教师审查确认即拆除实验线路，导致实验需重新完成而耽误大量时间的情况发生。

三、实验报告

实验结束后，必须认真、及时地编写好实验报告。

一个高质量的实验报告可以很好地总结实验结果、反映实验过程。因此应特别重视实验报告的编写。

实验报告的组成部分及其报告内容顺序与实验教材一致。其中有两个部分需要由学生独立完成。

1. 实验数据的整理

认真整理和归纳实验数据，注意确定实验数据的有效数字位数；清晰合理地列出记录实验数据的表格或画出实验内容要求的曲线。

2. 实验结果分析

实验结果及分析是反应理论与实践相结合效果的一个重要标准。

(1) 对实验结果进行理论分析，找出产生误差的原因，提出减少实验误差的措施或设想。

(2) 详细记录实验线路组装、调试和测试过程中出现的问题，发生的故障，并进行故障分析和说明解决问题的方法或故障排除的过程。

(3) 认真写出对本次实验的心得体会和不足，或提出改进实验的建议。



第二部分 模拟电子技术实验

实验一 常用电子仪器仪表的认识使用

一、实验目的

(1) 学习电子电路实验中常用的电子仪器——示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、频率计等的主要技术指标、性能及正确使用方法。

(2) 初步掌握用双踪示波器观察正弦信号波形和读取波形参数的方法。

二、实验原理

在模拟电子电路实验中,经常使用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表及频率计等。

实验中要对各种电子仪器进行综合使用,可按照信号流向,以连线简捷、调节顺手、观察与读数方便等原则进行合理布局,各仪器与被测实验装置之间的布局与连接如图 1-1 所示。接线时应注意,为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称共地。函数信号发生器和交流毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线,示波器接线使用屏蔽线,直流电源的接线用普通导线。

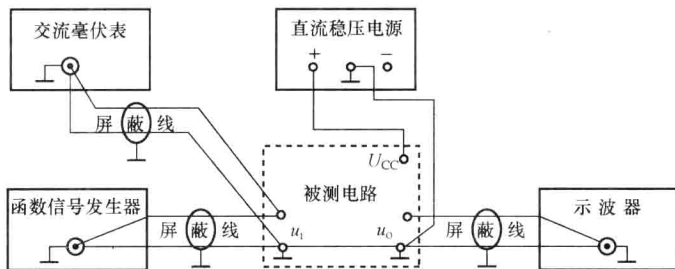


图 1-1 模拟电子电路中常用电子仪器布局图

1. 示波器

示波器是一种用途很广的电子测量仪器,在电子线路检测中常用来观察电路中各点的波形,以此监视电路是否正常工作,它在直接显示电信号波形的同时还可用于测量波形的周期、幅度、相位差(两个信号波形同时观察比较)及观察电路的特性曲线等。现重点介绍示波器的主要功能及使用方法。

(1) 寻找扫描光迹。将示波器 Y 轴显示方式置“CH1”或“CH2”,输入耦合方式置“GND”,开机预热后,若在显示屏上不出现光点和扫描基线,可按下列操作去找到扫描线:①适当调节亮度旋钮;②触发方式开关置“自动”;③适当调节垂直($\updownarrow$)、水平($\rightleftharpoons$)“位移”旋钮,使扫描光迹位于屏幕中央。(若示波器设有“寻迹”按键,可按下“寻迹”按键,判断光迹偏移基线的方向)。

(2) 双踪示波器一般有五种显示方式:三种单踪显示方式“CH1”、“CH2”、“ADD”,

两种双踪显示方式“ALT”（“交替”）和“CHOP”（“断续”）。作双踪显示时，通常采用“交替”显示方式，“交替”显示方式一般适宜于输入信号频率较高的场合。当被观测信号频率很低时（如十几赫以下），若同时需要显示两个波形，则可采用“断续”显示方式。

（3）为了显示稳定的被测信号波形，“触发源选择”开关一般选为“内”触发，使扫描触发信号取自示波器内部的Y通道。

（4）触发方式开关通常先置于“自动”调出波形后，若被显示的波形不稳定，可置触发方式开关于“常态”，通过调节“触发电平”旋钮找到合适的触发电压，使被测试的波形稳定地显示在示波器屏幕上。

有时由于选择了较慢的扫描速率，显示屏上将会出现闪烁的光迹，但被测信号的波形不在X轴方向左右移动，这样的现象仍属于稳定显示。

（5）适当调节“扫描速率”开关及“Y轴灵敏度”开关使屏幕上显示一到两个周期的被测信号波形。在测量幅值时，应注意将“Y轴灵敏度微调”旋钮置于“校准”位置，即顺时针旋到底，且听到关的声音。在测量周期时，应注意将“X轴扫速微调”旋钮置于“校准”位置，即顺时针旋到底，且听到关的声音。还要注意“扩展”旋钮的位置。

根据被测波形在屏幕坐标刻度上垂直方向所占的格数（div或cm）与“Y轴灵敏度”开关指示值（V/div）的乘积，即可算得信号幅值的实测值。

根据被测信号波形一个周期在屏幕坐标刻度水平方向所占的格数（div或cm）与“扫速”开关指示值（T/div）的乘积，即可算得信号频率的实测值。

2. 直流稳压电源

直流稳压电源为电路提供能源。

3. 函数信号发生器

函数信号发生器按需要为电路提供各种频率和幅度的正弦波、方波、三角波三种信号波形的输入信号。函数信号发生器的输出电压最大可达 $20U_{PP}$ ，通过输出衰减开关和输出幅度调节旋钮，可使输出电压在毫伏级到伏级范围内连续调节。函数信号发生器的输出信号频率可以通过频率分档开关进行调节。

函数信号发生器作为信号源，它的输出端不允许短路。

4. 交流毫伏表

交流毫伏表应在其工作频率允许范围之内，用来测量电路的输入、输出正弦交流电压的有效值。为了防止过载而造成表计损坏，测量前一般先估算待测量的数值，把量程开关置于量程较大位置上，然后在测量中根据测量值的大小逐档减小量程至合适档位。

5. 频率计

频率计用于测量交流信号的频率。

6. 万用表

万用表主要用于完成对模拟电子电路的静态工作点和直流信号的测量。

三、预习要求

（1）交流电与直流电的区别，正弦波的特征。

（2）已知 $C=0.01\mu\text{F}$ 、 $R=10\text{k}\Omega$ ，计算图1-2所示RC移相网络的阻抗角 θ 。

四、实验设备与器件

（1）函数信号发生器。

- (2) 双踪示波器 XJ4318。
- (3) 交流毫伏表。

五、实验内容

(一) 调整示波器

(1) 扫描基线调节。将示波器的显示方式开关置于“单踪”显示 (Y_1 或 Y_2)，输入耦合方式开关置“GND”，触发方式开关置于“自动”。开启电源开关后，调节“辉度”、“聚焦”、“辅助聚焦”等旋钮，使荧光屏上显示一条细而且亮度适中的扫描基线。然后调节“X 轴位移”($\rightleftarrows$)和“Y 轴位移”($\updownarrow$)旋钮，使扫描线位于屏幕中央，并且能上下左右移动自如。

(2) 测试“校正信号”波形的幅度、频率。将示波器的“校正信号”通过专用电缆线引入选定的 Y 通道 (Y_1 或 Y_2)，将 Y 轴输入耦合方式开关置于“AC”或“DC”，触发源选择开关置“内”，内触发源选择开关置“ Y_1 ”或“ Y_2 ”。调节 X 轴“扫描速率”开关 (T/div) 和 Y 轴“输入灵敏度”开关 (V/div)，使示波器显示屏上显示出一个或数个周期稳定的方波波形。

1) 校准“校正信号”幅度。将“Y 轴灵敏度微调”旋钮置“校准”位置，“Y 轴灵敏度”开关置适当位置，读取校正信号幅度，记入表 1-1 中。

表 1-1

	标准值	实测值		标准值	实测值
幅度 U_{pp}/V			上升沿时间/ μs		
频率 f/kHz			下降沿时间/ μs		

注 不同型号示波器标准值有所不同，请按所使用示波器将标准值填入表格中。

2) 校准“校正信号”频率。将“扫速微调”旋钮置“校准”位置，“扫速”开关置适当位置，读取校正信号周期，记入表 1-1 中。

3) 测量“校正信号”的上升时间和下降时间。调节“Y 轴灵敏度”开关及微调旋钮，并移动波形，使方波波形在垂直方向上正好占据中心轴上，且上、下对称，便于阅读。通过扫速开关逐级提高扫描速度，使波形在 X 轴方向扩展（必要时可以利用“扫速扩展”开关将波形再扩展 10 倍），并同时调节触发电平旋钮，从显示屏上清楚地读出上升时间和下降时间，记入表 1-1 中。

(二) 用示波器和交流毫伏表测量信号参数

调节函数信号发生器有关旋钮，使输出频率分别为 100Hz、1kHz、10kHz、100kHz，有效值均为 1V（用交流毫伏表测量的值）的正弦波信号，用示波器观察并测量相关参数。

如交流毫伏表是数码显示的仪器，首先选用满量程远大于 1V 的高档位，然后其测量数据应在测试仪器接入后 5s 以上，数码不再闪烁时再读取数据。若选用指针式万用表，第一选用交流电压档，第二同样选用满量程远大于 1V 的高档位，第三再根据指针偏转的角度逐步将档位降至合适的位置，并尽量使指针偏转在满刻度的 2/3 以上为好。

改变示波器“扫速”开关及“Y 轴灵敏度”开关等位置，测量信号源（函数信号发生器）输出电压频率及峰峰值，记入表 1-2 中。

表 1-2

信号电压频率	示波器测量值		信号电压毫伏表读数/V	示波器测量值	
	周期/ms	频率/Hz		峰峰值/V	有效值/V
100Hz					
1kHz					
10kHz					
100kHz					

(三) 测量两个不同波形间的相位差

1. 观察双踪显示波形“交替”与“断续”两种显示方式的特点

Y_1 、 Y_2 均不加输入信号，输入耦合方式置“GND”，扫速开关置扫速较低档位（如 0.5s/div 档）和扫速较高档位（如 5 μ s/div 档），把显示方式开关分别置“交替”和“断续”位置，观察两条扫描基线的显示特点，记录之。

2. 用双踪显示测量两波形间相位差

(1) 按图 1-2 连接实验电路，将函数信号发生器的输出电压调至频率为 1kHz、幅值为 2V 的正弦波，经 RC 移相网络获得频率相同但相位不同的两路信号 u_i 和 u_R ，分别加到双踪示波器的 Y_1 和 Y_2 输入端。

为便于稳定波形，比较两波形相位差，应使内触发信号取自被设定作为测量基准的一路信号。

(2) 把显示方式开关置“交替”档位，将 Y_1 和 Y_2 输入耦合方式开关置“ $\perp$ ”档位，调节 Y_1 、 Y_2 的上下（ $\updownarrow$ ）移位旋钮，使两条扫描基线重合。

(3) 将 Y_1 、 Y_2 输入耦合方式开关置“AC”档位，调节触发电平、扫速开关及 Y_1 、 Y_2 灵敏度开关位置，使在荧屏上显示出易于观察的两个相位不同的正弦波形 u_i 及 u_R ，如图 1-3 所示。根据两波形在水平方向差距 X 及信号周期 X_T ，则可求得两波形相位差。

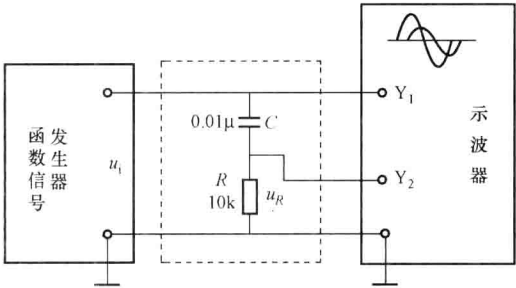


图 1-2 两波形间相位差测量电路

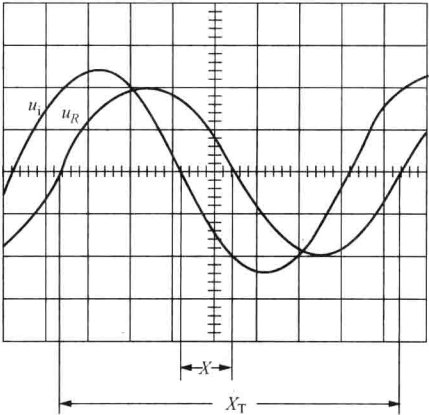


图 1-3 双踪示波器显示两相位不同的正弦波

$$\theta = \frac{X(\text{div})}{X_T(\text{div})} \times 360^\circ$$

式中： X_T 为一周期所占格数； X 为两波形在 X 轴方向差距格数。

记录两波形相位差见表 1-3。

表 1-3

一周期格数	两波形 X 轴差距格数	相 位 差	
		实 测 值	计 算 值
$X_T =$	$X =$	$\theta =$	$\theta =$

为读数和计算方便，可适当调节扫速开关及微调旋钮，使波形一周期所占格数为整数。

六、实验总结及思考题

(1) 整理实验数据，依据所学理论知识分析实验数据是否合理，完成实验报告。

(2) 根据实验回答下列问题：

1) 如何操纵示波器有关旋钮，以便从示波器显示屏上观察到稳定、清晰的波形？

2) 用双踪显示波形，并要求比较相位时，为在显示屏上得到稳定波形，应怎样选择下列开关的位置？

a) 显示方式选择“CH1”、“CH2”、“ADD”、交替、断续五种中的哪一种方式？

b) 触发方式选择“常态”、“自动”中的哪种方式？

c) 触发源选择“内”、“外”中的哪种方式？

d) 内触发源选择“Y₁”、“Y₂”、“交替”中的哪种方式？

(3) 函数信号发生器有哪几种输出波形？它的输出端能否短接，如用屏蔽线作为输出引线，则屏蔽层一端应该接在哪个接线柱上？

(4) 交流毫伏表是用来测量正弦波电压还是非正弦波电压？它的表头指示值是被测信号的什么参数？它是否可以用来测量直流电压的大小？

(5) 可以用交流毫伏表测量有效值约 5V 的正弦波吗？

实验二 晶体管单管共发射极放大器

一、实验目的

(1) 掌握单管共发射极放大器实验电路(见图 2-1)的结构、组成及特点。

(2) 能根据原理电路图正确连线电路;能够按合理的顺序自查连线的正确与否,能够处理简单的故障。

(3) 掌握放大器静态工作点的调试方法,了解影响静态工作点稳定的因素。会分析静态工作点的设置对放大器性能的影响。

(4) 了解输出信号的失真现象及解决的方法。

(5) 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试方法。

(6) 熟悉常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用。

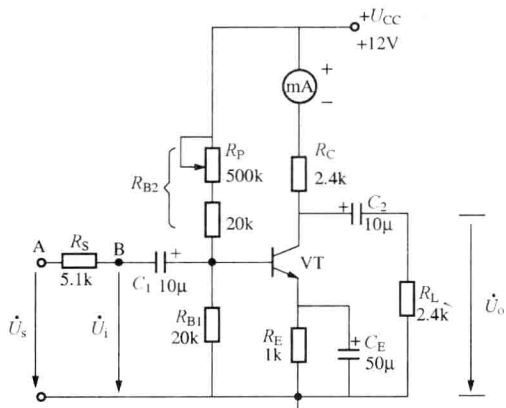


图 2-1 单管共发射极放大器实验电路

二、实验原理

(一) 工作原理

图 2-1 为电阻分压式直流负反馈偏置单管共发射极放大器实验电路图。它的偏置电路采用 R_{B1} 和 R_{B2} 组成的分压电路,并在发射极中接有电阻 R_E ,利用电阻 R_E 的直流反馈作用可以稳定放大器的静态工作点。当在放大器的输入端加入输入信号 $\dot{U}_i$ 后,在放大器的输出端便可得到一个与 $\dot{U}_i$ 相位相反、幅值被放大的不失真的输出信号 $\dot{U}_o$,从而实现了电压放大。

1. 静态工作点的设置

放大电路只有静态工作点设置的合适,才能在输出端获得具有一定的放大倍数的且不失真的输出信号。

在图 2-1 电路中,当流过偏置电阻 R_{B1} 和 R_{B2} 的电流远大于晶体管 VT 的基极电流 I_B 时(一般为 5~10 倍),则它的静态工作点可估算为

$$U_B \approx \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} U_{CC}$$

$$I_E \approx \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \approx I_C$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

放大电路的目的是输出放大了且不失真的输出信号,而设置合适且稳定的静态工作点是放大电路正常工作的基本保证。影响三极管静态工作点参数稳定的主要因素是温度的变化。图 2-1 所示电路利用发射极电阻 R_E 的负反馈作用达到稳定静态工作点的目的。从上述静态工作点的估算公式可以看出,改变电位器 R_P 滑动触头的位置就改变了分压电阻 R_{B2} 的大小,