

21世纪高等院校教材

GAO DENG XUE XIAO DIAN GONG DIAN ZI
SHI YAN JIAO XUE XI LIE JIAO CAI

高等学校电工电子实验教学系列教材

电子技术

房建东 高胜利 编著

DIAN ZI JI SHU

内蒙古大学出版社

Inner Mongolia University Press

21世纪高等院校教材

GAO DENG XUE XIAO DIAN GONG DIAN ZI
SHI YAN JIAO XUE XI LIE JIAO CAI

高等学校电工电子实验教学系列教材

电子技术

房建东 高胜利 编著

DIAN ZI JI SHU

内蒙古大学出版社
Inner Mongolia University Press

内 容 简 介

本书是参照教育部(前国家教委)1997年颁发的高等工科学校“电子技术课程”的教学基本要求 and 有关的教学大纲编写的,是与面向21世纪课程教材和教育部工科电子技术“九五”规划教材的教学相配合的实验教材。

全书包括模拟电子技术、数字电子技术、可编程器件及其应用和附录四篇。前三篇共安排了三十二个实验内容,着重培养学生的实验方法及实践与动手能力;第四篇附录部分介绍了与实验内容相应的实验手段、仿真软件的使用方法及电子元器件的使用常识。

本书可作为高等学校工科电子技术实验课程的教材或实验指导书,也可作为其他专业师生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/房建东,高胜利编. —呼和浩特:内蒙古大学出版社,2004.9

ISBN 7-81074-721-5

I. 电… II. ①房… ②高… III. 电子技术-高等学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第100221号

书 名	电子技术
编 者	房建东 高胜利
责任编辑	王志平
封面设计	张燕红
出 版	内 蒙 古 大 学 出 版 社 呼和浩特市昭乌达路88号(010010)
发 行	内 蒙 古 新 华 书 店
印 刷	内 蒙 古 地 矿 印 刷 厂
开 本	787×1092/16
印 张	9.5
字 数	220 千
版 期	2004 年 9 月 第 1 版 2004 年 9 月 第 1 次 印 刷
标 准 书 号	ISBN 7-81074-721-5/TM·3
定 价	16.00 元

本书如有印装质量问题,请直接与出版社联系

序

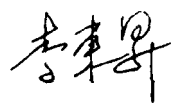
内蒙古自治区的高等教育事业起步于20世纪50年代初。经过近50年的发展,我区的高等教育无论从规模上,还是质量上都取得了长足的发展。特别是近些年来,全区高等院校的招生数量成倍增长,部分院校的合并使得一些高校的办学规模迅速壮大,形成了几所万人大学。与此同时,各高校对各自的专业及课程设置都做了较大的调整,以适应当今日益发展变化的高等教育事业。面向21世纪,在科学技术日新月异,社会对人才的知识结构、层次要求越来越高的新形势下,我们的高等教育的教学水平,特别是教材建设都应有一个更新更高的要求。

回顾50年来的发展,虽然我区高等教育的教学科研水平有了较大的提高,但与之相应的教材建设的现状还不尽如人意,绝大多数主干课程的教材还沿用一些传统教材,有些甚至是20世纪七八十年代的版本。有些院校的教材选用则有一定的随机性,在几种版本的教材之中换来换去。其间,虽然部分院校也组织力量编写了一些基础课及专业课教材,但大都是各成体系,缺乏院校间的协作与交流,形不成规模,质量亦无法保证,常常滞后于学科的发展与课程的变化。这都与我区高等教育的发展极不协调。诚然,区外部分地区高校的教学科研水平比我区要高,一些教材的质量好,我们可以直接利用,但这并不能成为我们不搞教材建设的理由。好的教材还需要相应的教育资源条件与之相对应才能取得良好的教学效果,从而达到促进教学质量提高之目的。应当承认,由于经济发展的相对落后,我区高校所招学生的基础和学校的教学条件比起全国重点名牌大学相对要差一些。因而,我们高校的教材也应从实际出发,结合自己学校和学生特点,逐步探索、建立一套适合自治区教育资源条件的教材体系,促进自治区高校教学科研水平的提高,多出人才,出好人才。

值得欣喜的是,随着自治区教育科学水平的提高,我区高校教育领域的一些有识之士逐渐认识到,面向21世纪,未来高校之间的竞争就是学校的产品——学生质量的竞争。要想培养出高水平、高素质的学生,使我区的高校在这种竞争中立于不败之地,除各高校应努力提高自身的教学组织管理水平、提高教

师的素质外,还应积极主动地加强与区内外高校的协作、交流,取长补短,走联合发展的道路,使我区高等教育的整体水平能够在较短的时间内得到提高。为此,在有利于规范高校教材体系,促进高校教育质量的提高,加强各高校教学科研人员之间的协作与交流的原则下,由自治区教育厅牵头,内蒙古大学出版社组办、资助,联合全区高等院校的有关专家、学者共同组建成立一些相关专业的教材编委会,以求编写适合我区高等教育特点的教材,逐步建立、完善自治区高等教育的教学、教材体系,并开展一些与教学相关的科研工作。我们希望,通过教材编委会这种工作模式,建设一批高质量的教材,带出一支高水平的师资队伍,培养出大批高素质的人才。

我坚信,在自治区教育厅的指导下,在编委会各位专家、学者的辛勤工作下,在各院校的相互理解、相互协作、相互支持下,我们一定能够克服发展过程中的困难,逐步推出一批高质量、高水平的教材,为推进内蒙古自治区高等教育事业做出重要的贡献。



2002年3月19日

前 言

实验是学习电子技术的一个重要环节，对于巩固和加深课堂教学内容的理解，提高学生实际工作技能，树立严谨的科学作风，并为学习后续课程和从事实践技术工作奠定基础具有重要作用。为适应电子技术的发展和面向二十一世纪的高等教育改革，提高学生实验技能和培养学生独立分析问题、解决问题的能力，结合实验室建设的需要，在内蒙古工业大学信息工程学院电子技术教研组多年教学经验的基础上，编写了此书。

编者参照了新修订的《电子技术》教学大纲，努力做到既保留教学基本要求中所规定的基本实验，又体现教学改革的精神，尽可能地反映工程中常用电子测量仪器仪表的原理及使用方法，反映当前电子技术的新技术和新的实验测试手段。

全书包括四篇：第一篇为模拟电子技术实验内容；第二篇为数字电子技术实验内容；第三篇为可编程器件及其应用；第四篇为附录。其中，基本实验和附录五、六、七由高胜利老师编写；仿真实验、可编程器件设计实验、课程设计实验和附录一、二、三、四由房建东老师编写。考虑到不同层次需要，实验内容的安排既有测试、验证的内容，也有设计、研究的内容。部分实验内容要求学生自己完成方案选择、实验步骤及记录表格等，旨在充分发挥学生的创造性和主动性。

本书编写过程中，参考和引用了有关专家的教材和论文，也得到了内蒙古工业大学信息工程学院电工电子教学中心的同事及电子技术实验室老师们热情帮助，编者在此一并表示衷心的感谢。

书中难免存在错误和不妥之处，恳请本书的读者批评指正。

编 者

二〇〇四年七月

目 录

电子技术实验导论	(1)
实验报告要求	(2)

第一篇 模拟电子技术

实验一 单级交流放大电路.....	(5)
实验二 差动放大电路.....	(10)
实验三 多级放大电路的频率响应.....	(14)
实验四 负反馈放大电路.....	(18)
实验五 集成运算放大器的线性应用.....	(22)
实验六 RC 正弦波振荡电路.....	(27)
实验七 单管放大电路的仿真测试.....	(31)
实验八 负反馈放大电路性能的仿真测试.....	(33)
实验九 运算放大器线性应用电路的仿真测试.....	(35)
实验十 运算放大器非线性应用电路的仿真测试.....	(36)
实验十一 基本电路设计与仿真.....	(37)
实验十二 OCL 低频功率放大器的设计与仿真.....	(38)

第二篇 数字电子技术

实验十三 基本逻辑门电路测试.....	(41)
实验十四 组合逻辑电路实验分析.....	(45)
实验十五 组合逻辑电路设计与测试.....	(49)
实验十六 触发器测试.....	(50)
实验十七 时序逻辑电路测试.....	(55)
实验十八 时序逻辑电路设计与测试.....	(59)

实验十九	555 定时器的应用	(60)
实验二十	综合实验	(63)
实验二十一	仿真电路的连接及门电路测试	(64)
实验二十二	组合逻辑电路性能仿真分析	(67)
实验二十三	组合逻辑电路设计与仿真分析	(69)
实验二十四	时序逻辑电路性能仿真分析	(70)
实验二十五	时序逻辑电路设计与仿真分析	(73)
实验二十六	波形发生与整形电路的仿真分析	(74)
实验二十七	数字电路综合设计与仿真	(76)
实验二十八	数字式频率计的设计与仿真分析	(77)

第三篇 可编程器件及其应用

实验二十九	八进制加法计数器及其七段显示译码器	(81)
实验三十	可编程逻辑器件设计实验	(88)
实验三十一	可编程模拟器件设计实验	(90)
实验三十二	课程设计选做实验	(91)

第四篇 附 录

附录一	电路仿真工具 Multisim	(99)
附录二	数字式频率计的设计与安装	(114)
附录三	在系统可编程模拟器件	(119)
附录四	常用元器件的使用知识	(126)
附录五	部分常用集成电路名称及型号对照表	(136)
附录六	常用晶体管型号	(140)
附录七	集成芯片外引线排列图	(142)
参考文献		(144)

电子技术实验导论

实验课是高等学校理工科教育的一个重要环节，是一门独立的必修基础课程。实验教学程序由课前预习、课内操作与辅导、课后作业(实验报告)三个环节组成，它是对《电子技术》理论课学习的有力配合。

一、实验的目的

培养学生通过观察实验现象和处理实验数据来研究基本电子技术问题的能力，巩固和加深理解所学到的理论知识，并提高学生用理论知识分析与解决实际问题的能力。

二、实验课的要求

1. 实验课的预习(课前)

学生在每次实验课前必须认真预习实验，复习相关理论知识。否则，实验的进行将事倍功半，而且有损坏仪器和发生人身事故的危险。凡没有达到预习要求的学生，均不得参加本次实验。

2. 实验的进行(上课)

良好的上课习惯、工作方法和正确的操作程序是实验顺利进行的有效保证。

3. 实验数据的整理工作(课后)

数据整理工作主要是实验报告的编写(续预习报告)，其内容应包括：数据处理、曲线绘制、完善预习思考题和了解主要仪器设备的型号、参数、额定值等。

三、故障的检查

实验中常会遇到因断线、接错线、接触不良等原因造成故障，使电路工作状态异常，严重时还会损坏设备，甚至危及人身安全。

实验所用电源一般都是可调的，实验时电压应从零缓慢上升，同时注意仪表指示是否正常，有无冒烟、焦臭味、异常声及设备发烫等异常现象。一旦发生上述异常现象，应立即切断电源。然后找老师一起分析原因，查找故障。

四、安全及注意事项

实验证明，人体触电时，通过的电流超过 50mA 就有生命危险，超过 100mA 则在极短的时间内就能致人于死地。实验经常使用 220V 和 380V 电源，而人体电阻在 1000Ω 左右，实验中如有不慎，就可能发生触电和损坏仪器设备的严重事故。因此，在实验中切忌麻痹大意，必须严格遵守安全操作规程，以确保人身安全和设备安全。

总之，实验中应当认真细致，反应灵敏。因此，不得大声喧哗，要保持实验室应有的和谐与宁静的气氛。

实验报告要求

实验前必须认真预习，明确实验目的，了解实验原理和内容，熟悉所需仪器的使用，掌握实验步骤及应注意的问题。

预习报告包括：

- 一、实验目的、实验线路。
- 二、原始数据记录表格。
- 三、必要的计算和预习思考题的回答。

实验报告格式：

封面：

实验名称_____

班号_____ 组别_____

实验者_____ 同组人_____

实验日期_____ 交报告日期_____

内容：

- 一、实验目的、实验线路。
- 二、原始数据记录表格(即附教师签字的预习报告)。
- 三、实验数据整理、曲线绘制等。
- 四、对实验中出现的现象所作的分析与讨论，有何体会。
- 五、预习思考题的解答。

注：内容的前两部分应在预习报告时完成，后三部分在实验后完成。实验报告要用规定的实验报告纸书写，要求页面整洁、语言通顺、图表清晰、分析合理、讨论深入。实验报告由课代表收齐，于下一次实验前统一交到实验室的指定地点。

第一篇

模拟电子技术

实验一 单级交流放大电路

一、实验目的

- (1) 学会测量和调试单级电压放大电路静态工作点的基本方法。
- (2) 学习电压放大倍数的测定方法, 观察负载电阻对电压放大倍数的影响。
- (3) 观察静态工作点对放大倍数及输出电压波形的影响。
- (4) 学习测量输入电阻、输出电阻的基本方法; 了解共射极放大电路的特点。
- (5) 熟悉模拟电路实验箱的使用, 以及用双踪示波器测量两个同频率正弦量的方法。

二、预习要求

- (1) 复习有关放大电路的基本内容, 理解静态工作点、电压放大倍数、输入电阻、输出电阻等性能指标的含义及计算方法; 了解产生非线性失真的原因。
- (2) 取 $\beta = 85$, 计算图 1—3 所示实验电路未接入 R_P 时的电压放大倍数 A_u 、输入电阻 r_i 、输出电阻 r_o 。

三、实验原理与说明

在电子线路中, 放大电路的应用是非常广泛的, 几乎所有的电子仪器和设备都要用到它。晶体管单级放大电路是基本的放大器, 深入了解和掌握它的调试和测量方法很重要。

下面说明有关静态工作点、电压放大倍数 A_u 、输入电阻 r_i 和输出电阻 r_o 的测试方法。

1. 静态工作点的调整和测量

静态工作点是指放大电路没有输入信号时晶体管各极的直流电压和电流在特性曲线上所确定的点, 由它确定静态值, 是通过 I_{BQ} 、 U_{BEQ} 、 I_{CQ} 、 U_{CEQ} 来描述的。由于晶体管的非线性, 为保证放大电路的正常工作, 应有一个大小合适的静态工作点, 使晶体管处于特性曲线上的放大区适中的位置。否则, 工作点若设置过高, 晶体管的工作则进入饱和区, 产生饱和失真; 工作点若设置过低, 晶体管的工作则进入截止区, 产生截止失真。

2. 电压放大倍数的测量

交流电压放大倍数 A_u 指电压放大电路的输出电压与输入电压的相量之比, 它一方面反映了输出电压与输入电压的大小关系, 另一方面也反映了它们的相位关系。

电压放大倍数的测量, 通常有两种方法:

- (1) 用万用表直接测量 (本实验采用), 它适用于正弦电压。此时

$$|A_u| = \frac{U_o}{U_i}$$

其中 U_i 、 U_o 分别为输入和输出信号电压的有效值。

- (2) 通过示波器对输入信号电压和输出信号电压进行比较的方法, 适用于非正弦电压。输出电压与输入电压的相位关系, 可使双踪示波器同时输入这两个信号来观察。

3. 输入电阻和输出电阻的测量

(1) 测量输入电阻 r_i : 放大电路的输入电阻是指从放大电路输入端看进去的等效电阻。它是由晶体管输入阻抗和偏流电阻等因素决定的, 大小为

$$r_i = \frac{U_i}{I_i}$$

式中 U_i 是加到放大电路输入端的电压有效值, I_i 是流入输入端的电流有效值。

可见只要测出放大器输入端的电压 U_i 和流过输入端的电流 I_i , 便可由上式求得 r_i 。但是由于 I_i 一般比较小(微安级), 而一般实验室不具备高灵敏度的交流电流表, 所以本实验采用“串联电阻法”。其原理如图 1—1 所示。在被测放大电路与信号源之间串入一个已知的标准电阻 R , 信号源输出电压为 U_s , 放大电路得到的输入电压为 U'_i 。只要测出电阻 R 两端的电压 U_R 及 U'_i 就可求出 r_i

$$r_i = \frac{U'_i}{I'_i} = \frac{U'_i}{U_R/R} = \frac{U'_i}{U_R} R$$

但是要直接用万用表测量 R 两端的电压是困难的, 因为 R 两端不接地。使得测试仪器和放大器没有公共地线, 干扰太大, 不能准确测试。为此, 通常是直接测出 R 两端对地的电压即电位值 V_s 和 V'_i 来计算 r_i , 由图 1—1 不难求出

$$r_i = \frac{U'_i}{U_s - U'_i} R = \frac{V'_i}{V_s - V'_i} R$$

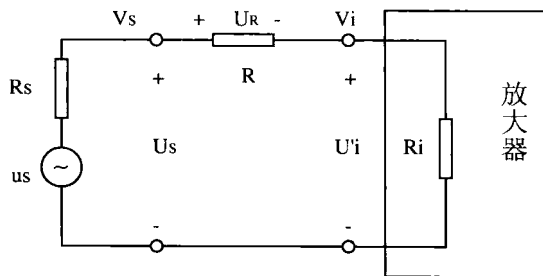


图 1—1 输入电阻的测量

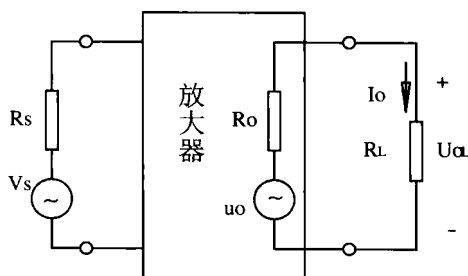


图 1—2 输出电阻的测量

在具体测试过程中, 还必须注意两点: 第一, 已知标准电阻不宜选得过大或过小, 否则将使测试误差加大, 通常应选取 R 与 r_i 为同一数量级; 第二, U'_i 不应取得过大, 否则将使晶体管工作在非线性状态, 从而使测试不准, 一般取 $V'_i = U_i$ 为宜。因此, 要用示波器监视被测放大电路的输出波形, 应在不失真条件下测试。信号频率应选在所需工作频率上。

(2) 测量输出电阻 r_o : 放大器的输出端可以等效成一个电压源, 其内阻即为输出电阻 r_o , 如图 1—2 所示。

输出电阻 r_o 的大小反映了放大器带负载能力。因此可通过测量放大器接入负载前后的电压变化来求出输出电阻 r_o 。为此在放大器输入端加入一固定电压, 先不接入负载电阻 R_L ,

测出放大器的输出电压 U_{oc} 。然后接入适当负载电阻 R_L ，再测出输出端接入负载电阻后的电压 U_{oL} ，由图不难求出输出电阻 r_o 之值：

$$r_o = \frac{U_o - U_{oL}}{I_o} = \frac{U_o - U_{oL}}{U_{oL}/R_L} = \frac{U_o - U_{oL}}{U_{oL}} R_L = (\frac{U_{oc}}{U_{oL}} - 1) R_L$$

在测试中必须注意以下三点：第一， R_L 过大或过小都将加大测试误差，仍应取 R_L 与 r_o 为同一数量级；第二，最好用示波器监视输出波形，应在 R_L 接入前后都不失真的条件下测试；第三，测试 r_o 的过程中，输入信号幅度必须保持不变，频率应选在所需工作频率上。

四、实验仪器与设备

名 称	型号及使用参数	数 量
模拟电路实验箱	TPE—A4	1 台
双踪示波器	SS—5702	1 台
数字万用表	DT—830B	1 块
放大电路实验板	TPE—A4 实验箱 A1 板	1 块

五、实验内容及步骤

1. 测量放大电路的静态工作点

(1) 首先认识放大电路实验板上的元器件及信号端口，然后，将 A1 实验板插在模拟电路实验箱的电路板插座上，按图 1—3 所示接线(注意：接线前先测量+12V 直流电源的实际大小，关掉电源后再接线)，并将 R_p 的阻值调至最大位置。说明：图中 5k1=5.1kΩ 等。

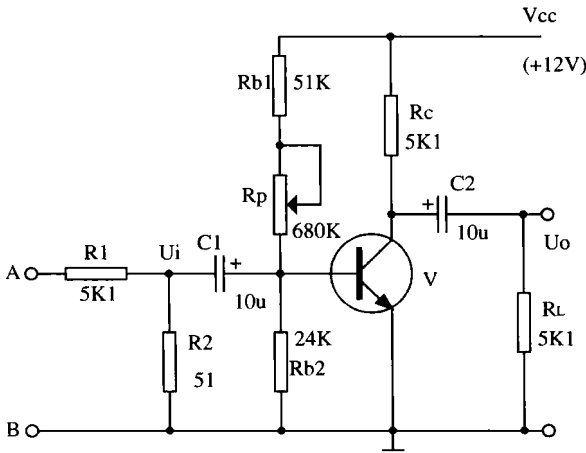


图 1—3 小信号放大电路

(2) 静态下(即未输入交流信号)，将输入端短接，以防止外界干扰信号混入放大器。线路确定无误后打开电源开关。调整 R_p 使 $V_C=7V$ 左右，分别测 U_{BE} 、 U_{CE} 填表 1—1 中。

表 1—1

实测			根据实测结果计算	
$U_{BE}(V)$	$U_{CE}(V)$	$R_p+R_{b1}(k\Omega)$	$I_B(\mu A)$	$I_C(mA)$

2. 测量放大电路电压放大倍数 A_u

(1) (空载下)调节 R_p 使 $V_C=7V$ 左右; 将实验箱的函数发生器的正弦输出信号调至频率 $f=1kHz$ (由示波器测定)、有效值 $U=500mV$ (用万用表测量), 接到放大电路的 AB 端, 经过 R_1 、 R_2 衰减(100 倍), u_i 端得到约为 $5mV$ 的小信号。

(2) 输出端空载时: 在上述条件下, 让输出端开路($R_L=\infty$), 使用示波器监视此时的输入信号 u_i 和输出信号 u_o 的波形(应保证输出不失真, 若有失真, 可改变输入信号的大小), 并比较相位。用万用表测量输出端的开路电压 U_o 及此时的输入电压 U_i , 计算出电压放大倍数 A_u 的大小, 并根据电路参数得出估算值, 将结果填入表 1—2 中。

(3) 输出端带负载时: 保持 u_i 为 $5mV$ 、空载下 $V_C=7V$ 不变, 在放大电路的输出端接入负载电阻 R_L , 用示波器监视, 按表 1—2 中给定的不同参数情况测量出 U_i 和 U_o , 并计算出电压放大倍数 A_u 的大小, 填入表 1—2 中。比较 A_u 测量后的计算值与估算值, 分析产生误差的原因。

表 1—2

给 定 参 数		实 测		实测计算	估 算
R_C	R_L	$U_i(mV)$	$U_o(V)$	A_u	A_u
5k1	∞				
5k1	5k1				
5k1	2k2				

3. 定性观察 u_i 及 R_p 的变化对输出波形的影响

(1) 在保持静态工作点和信号源频率不变的条件下, 使输入电压有效值 $U_i=5mV$ ($R_C=5.1k\Omega$, $R_L=\infty$), 通过逐渐减小 R_p , 使输出电压的波形产生失真, 判断失真性质, 将结果填入表 1—3 中。

(2) 在保持静态工作点和信号源频率不变的条件下, 使输入电压有效值 $U_i=5mV$ ($R_C=5.1k\Omega$, $R_L=\infty$), 通过逐渐增大 R_p , 使输出电压的波形产生失真, 判断失真性质, 将结果填入表 1—3 中。

(利用 $1k$ 电位器) 再将 R_1 由 $5.1k$ 改为 510Ω (即: 使 $U_i=50mV$), 通过逐渐增大 R_p , 使输出电压的波形产生失真, 判断失真性质, 将结果填入表 1—3 中。

4. 测取放大电路的输入电阻和输出电阻

(1) 在 $V_C=7V$ 的条件下, 按图 1—2 在信号源与放大器之间串接电阻 R , R 取 $5.1k\Omega$ 。

(2) 将信号源输出信号的幅值逐渐增大, 同时用万用表测量 $U_i(V_i)$ 值, 并用示波器监视

输出，最终使 $U_i=V_i=5\text{mV}$ 。再用万用表测出此时的 $U_s(V_s)$ 值，按“串联电阻法”计算出输入电阻 r_i 。将上述测量及计算结果记入表 1—4 中。

(3) 根据步骤 2 测量得到的一组 U_{OC} 、 U_{OL} ，计算输出电阻 r_o ，将数据记入表 1—4 中。

表 1—3

项 目 条 件		$V_B(\text{V})$	$V_C(\text{V})$	$V_E(\text{V})$	U_o 的波形	电路的性质
$U_i=5\text{mV}$	R_p 减小后					
$U_i=50\text{mV}$	R_p 增大后					

表 1—4

测算输入电阻($R=1\text{ k}\Omega$)				测 算 输 出 电 阻			
实 测		测算	估算	实 测		测算	估算
$V_s(\text{mV})$	$V_i(\text{mV})$	$r_i(\text{k}\Omega)$	$r_i(\text{k}\Omega)$	$U_{oc}(\text{V})$	$U_{oL}(\text{V})$	$r_o(\text{k}\Omega)$	$r_o(\text{k}\Omega)$

六、注意事项

- (1) 如改变输入交流信号，一定不要过大，以免烧坏三极管。
- (2) 使用万用表、示波器时，要可靠接地。
- (3) 测静态时用万用表的直流电压档；测电压放大倍数时，用万用表交流毫伏档。

七、思考题

- (1) 改变 R_p 电阻值对静态工作点有何影响？
- (2) 为了提高放大器的电压放大倍数，应采取哪些措施？

(3) 测量放大器输出电阻 r_o 时，利用公式 $r_o=(\frac{U_{\infty}}{U_{oL}}-1)R_L$ 来计算 r_o ，若电路中负载电

阻 R_L 改变，输出电阻 r_o 会改变吗？