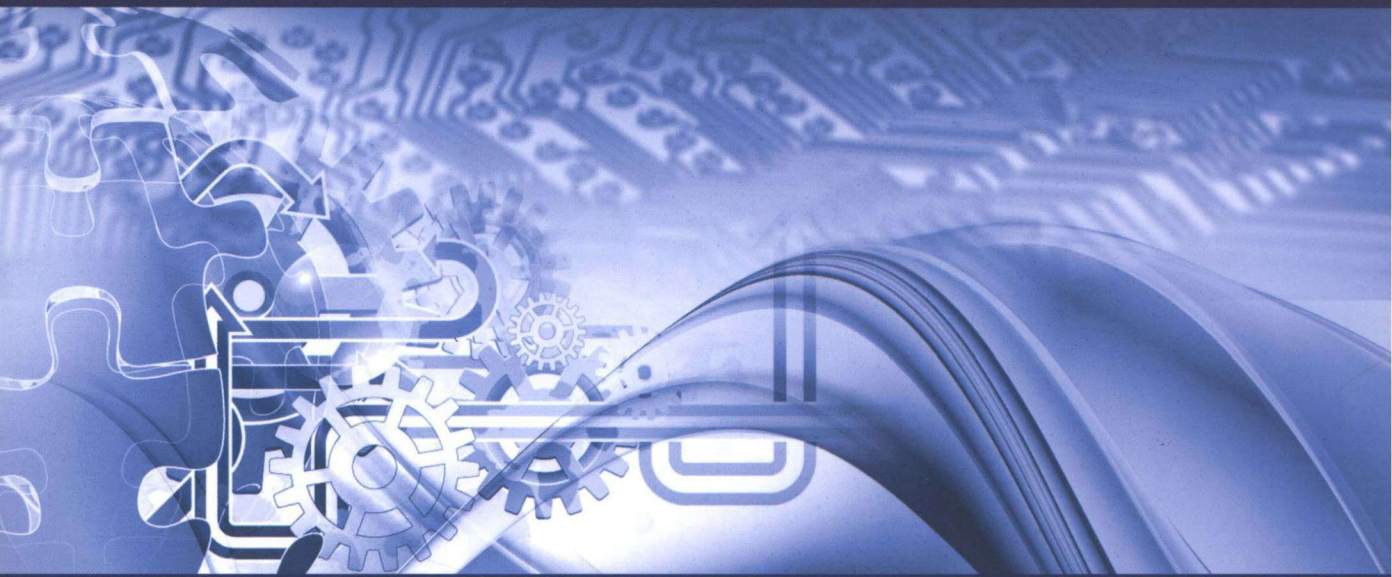




普通高等教育“十二五”规划教材



电子技术实验指导书

(第二版)

王鲁杨 主 编

施正义 王禾兴 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

电子技术实验指导书

(第二版)

主 编 王鲁杨

副主编 施正义 王禾兴

编 写 张健伟 周 键 金 丹

高小飞 舒筠佳

主 审 孙淑艳



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书按照高等学校理工科本科生的电子技术基础课程教学基本要求,结合多年来电子技术实践性教学环节改革的经验,根据电子技术的发展和教学改革不断深入的需要,针对加强学生实践能力和创新能力培养的教学目的而编写。全书分为三个部分及附录,第一部分为模拟电子技术实验,第二部分为数字电子技术实验,第三部分为设计性、综合性实验,附录包括几种常用电子仪器的使用说明、常用电子元器件的识别与简易测试、Multisim 8 简介等。各个部分内容既有一定的联系,又具有相对独立性,便于读者选用。

本书可作为普通高等院校电气信息类专业及其他相近专业的实验教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验指导书/王鲁杨主编. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2012. 10

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-3613-1

I. ①电… II. ①王… III. ①电子技术—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 245464 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn))

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 7 月第一版

2013 年 1 月第二版 2013 年 1 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.5 印张 224 千字

定价 17.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

电子技术是电气信息类专业及其他相近专业本、专科学生的一门重要的技术基础课。电子技术实验是电子技术课程教学的重要组成部分。

通过电子技术实验课程的训练，使学生掌握电路连接、电路测量、故障分析与排除、电路设计等实验技巧，掌握常用电子测量仪器仪表的使用方法及数据的采集、处理和分析方法；通过各种实验现象的观察，培养学生严肃认真的科学态度、踏实细致的实验作风和利用基本理论独立分析问题、解决问题的能力。

《电子技术实验指导书》共选编了 29 个实验，其中 14 个模拟电路实验和 15 个数字电路实验，涵盖了电子技术课程的主要内容，读者可根据需要进行选用。在这些实验中，除了含有传统的理论验证性内容以外，还含有设计性的实验任务；部分实验则完全属于设计性、综合性实验。书后选编了 10 个附录。

正确地使用常用电子仪器是顺利地进行电子技术实验的基础，本书在实验一中重点训练学生使用直流稳压电源、信号发生器、示波器、电压表、电流表等仪器仪表。实验一后附加了“实验报告书写要求”，以规范学生实验报告的书写。

为了帮助学生认识常用电子元器件实物，在附录三中介绍了常用电子元器件的识别与简易测试方法。

书中带“*”部分为选作内容。

由于后续课程“电子技术课程设计”要求在硬件安装调试之前先使用仿真软件 Multisim X 进行仿真设计，故在附录八中对 Multisim 8 做了简单介绍。在部分实验中要求学生课下进行仿真实验，同时提交仿真实验报告，为顺利进行电子技术课程设计奠定基础。

本书是在我校几十年的电子技术实验教学中逐渐积累形成的，经过了无数次的改编，不断地进行补充、整理、规范和完善，第二版由王鲁杨任主编并负责全书的统稿，施正一、王禾兴任副主编。本书凝聚了上海电力学院各位电子技术教师的智慧和心血。同时，在编写过程中得到了上海电力学院电子教研室、电子实验室全体教师的支持。华北电力大学的孙淑艳教授认真审阅了本书，并提出宝贵意见，在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中会存在疏漏和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 8 月 于上海电力学院



目 录

前言

第一部分 模拟电子技术实验	1
实验一 常用电子仪器的使用练习	1
实验二 单管放大器	5
实验三 场效应管多级放大器	8
实验四 负反馈放大器	11
实验五 单电源互补对称功率放大器	14
实验六 差动放大器	17
实验七 运算放大器基本应用一（线性运算电路）	20
实验八 运算放大器基本应用二（施密特触发器）	24
实验九 运算放大器基本应用三（文氏电桥振荡器）	27
实验十 运算放大器基本应用四（二阶有源低通滤波器）	31
实验十一 直流稳压电源	33
第二部分 数字电子技术实验	37
实验十二 集成与非门参数测试	37
实验十三 集成译码器及其应用	41
实验十四 数据选择器及其应用	44
实验十五 触发器及其功能转换	46
实验十六 集成计数器及其设计应用	49
实验十七 集成移位寄存器	53
实验十八 555 定时器（多谐振荡器及单稳态触发器）	56
实验十九 D/A 转换器	59
实验二十 A/D 转换器	62
实验二十一 可编程逻辑器件 PLD（EEPROM）应用	65
第三部分 设计性、综合性实验	67
实验二十二 共射放大电路的设计	67
实验二十三 模拟运算电路设计	68
实验二十四 方波—三角波产生电路	71
实验二十五 应用 555 定时器的设计性实验	74
实验二十六 组合逻辑电路设计	76
实验二十七 电子秒表	78
实验二十八 智力竞赛抢答装置	82
实验二十九 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	84

附录	89
附录一 测量方法和测量误差的分析	89
附录二 有效数字	93
附录三 常用电子元器件的识别与简易测试	96
附录四 KHM-3 型模拟电路实验装置使用说明	105
附录五 UTD2000L 数字示波器使用说明	108
附录六 THDL-1 型数字逻辑实验箱使用说明	120
附录七 数字万用表	123
附录八 Multisim 8 简介	125
附录九 实验报告书写要求	139
附录十 并行 EEPROM 手动读写器	141
参考文献	143

第一部分 模拟电子技术实验

实验一 常用电子仪器的使用练习

一、实验目的

- (1) 学会正确使用常用电子仪器及设备。
- (2) 学会用示波器测量电压波形、幅值、频率的基本方法。
- (3) 学会正确调节函数信号发生器频率、幅值的方法，熟悉 dB 衰减开关的使用方法。
- (4) 学会正确使用交流毫伏表的方法。
- (5) 学会使用直流稳压电源的方法。
- (6) 了解常用电子仪器主要技术指标，学习阅读仪器说明书的方法。

二、实验仪器及设备

双踪示波器、函数信号发生器、交流毫伏表、直流稳压电源、直流电压表。

三、实验原理

在电子技术基础实验中，最常用的电子仪器有直流稳压电源、测量仪器及仪表、函数信号发生器、示波器等。为了正确观察被测实验电路的实验现象、测量实验数据，必须学会一些常用电子仪器的使用方法，并掌握一般的电子测试技术，这是电子技术实验课的重要任务之一。电子技术实验的基本框图如图 1-1 所示。

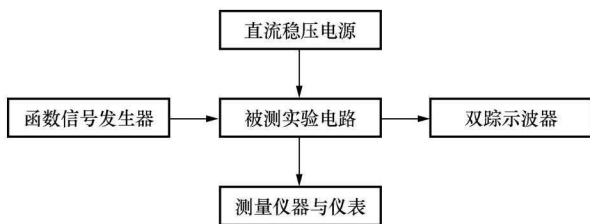


图 1-1 电子技术实验的基本框图

1. 被测实验电路

被测实验电路指在“电子技术”等课程中出现的各种电子电路。实验电路可以是一个单元电路，也可以是综合性、设计性电路。无论何种电路都要使用一些电子仪器及设备进行测量。测量分为两种：一是静态测试，二是动态测试。通过观察实验现象和结果，从而将理论和实践结合起来。

2. 直流稳压电源

它是为被测实验电路提供能源的仪器，通常输出的是电压。

3. 测量仪器及仪表

测量仪器及仪表指用来测量实验电路中电阻、电压、电流、频率等参数的常用仪器，如交流毫伏表、直流电压表、直流电流表、万用表、频率计等。

(1) 交流毫伏表，用于测量电路的输入、输出信号的有效值。交流毫伏表只能在其工作频率范围之内，用来测量正弦交流电压的有效值。为了防止过载而损坏，测量前一般先把其量程开关置于量程较大位置上，然后在测量中逐档减小量程。

(2) 数字式（或指针式）万用表，用于测量电路的静态工作点和直流信号的值，也可测量工作频率较低时电路的交流电压、交流电流的有效值及测量电路的阻值。

4. 函数信号发生器

函数信号发生器为电路提供各种频率和幅值的输入信号。信号发生器按需要输出正弦波、方波、三角波三种信号波形。通过输出衰减开关和输出幅值调节旋钮,可使输出电压在毫伏级到伏特级范围内连续调节。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。信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

5. 示波器

示波器是一种常用的电子测量仪器,能直接观测和真实显示被测信号的波形。它不仅能观测电路的动态过程,还可以测量电信号的幅值、频率、周期、相位、脉冲宽度、上升和下降时间等参数,是一种常用的电子测量仪器。读者必须熟练掌握示波器的使用方法。所谓熟练掌握有三个标准:①每调节一个开关或旋钮都有明确的目的;②调节顺序正确没有无效动作;③快速。

示波器的使用方法请仔细阅读“附录五 UTD2000L 数字示波器使用说明”。在此说明示波器使用过程中的几个重要问题。

(1) 测试探头。测试探头的地线与示波器的外壳相连,因此不能将两个测试探头的地线同时加在同一电路不同电位的两点上,以免电路短路。

测试探头的衰减开关有“ $1\times$ ”、“ $10\times$ ”两档,为使被测波形清晰、完整地显示在屏幕上,当被测波形幅值较小时,选择“ $1\times$ ”档,而当被测波形幅值较大时,选择“ $10\times$ ”档。

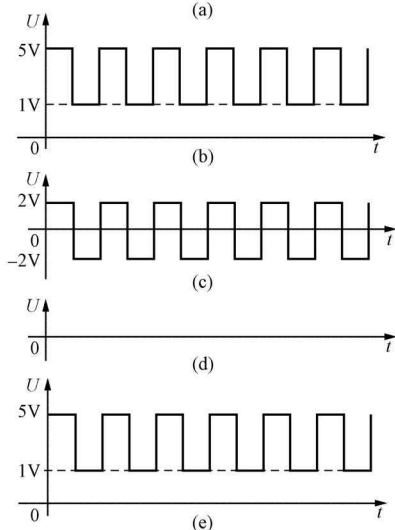
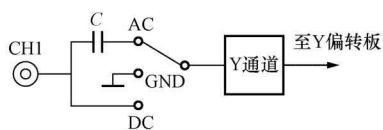


图 1-2 输入耦合选择及每一种耦合方式的显示效果

- (a) 输入耦合框图; (b) 被测信号实际波形;
(c) 输入耦合开关位于 AC 档输出的波形;
(d) 输入耦合开关位于 GND 档输出的波形;
(e) 输入耦合开关位于 DC 档输出的波形

(2) 输入耦合选择。示波器的输入耦合方式有交流、接地和直流三种,每一种耦合方式的显示效果如图 1-2 所示。

(3) 示波器触发调节的作用和触发源的选择原则。触发调节是示波器操作的难点和易错点,当触发不当时,显示的波形会左右移动或多个波形交织在一起,无法稳定且清楚地显示波形。触发部分调节的关键是正确选择触发源信号。触发源信号选择的原则是:单路测试时,触发源必须与被测信号所在通道一致,例如 Y 通道 CH1 测试时触发源必须选 CH1;双路测试时,选“交替”为触发源。

(4) 被测波形电压及时间的测量。被测波形稳定显示在屏幕上后,获得有关电压和时间的方法有自动测量和测算两种。其中自动测量要用常用菜单控制区的“MEASURE”按键,方法如下:

- 1) 按 MEASURE 按键,以显示自动测量菜单;
- 2) 按下 F1,进入测量菜单种类选择;
- 3) 按下 F3,选择电压类;
- 4) 按下 F5,选择 1/4~4/4 页中的某个测量类型;
- 5) 按下 F2,进入测量菜单种类选择,再按 F4 选择时间类;
- 6) 按下 F5,选择 1/3~3/3 页中的某个测量类型。

此时，所选择的电压类、时间类的测量值分别显示在 F1 和 F2 的位置。

测算法根据被测波形在屏幕坐标刻度垂直方向、水平方向所占的格数与相应的电压档位指示值、时间档位指示值的乘积，即可算得信号电压和时间的实测值。

例：示波器电压档位指示值为 2.00V，如果被测波形幅值占垂直方向 1.5 格，则此信号的幅值电压 (U_{PP}) 为

$$U_{PP} = 2.00 \times 1.5 = 3.0(V)$$

如果探头的衰减开关为“10×”档，则应把探头衰减 10 倍的因素考虑在内，因此被测电压幅值为 30V。

(5) 校准信号的作用。示波器提供一个频率为 1kHz、峰峰值为 3V 的方波信号作为校准信号，其作用是：检查示波器自身的测量是否准确；检查探头是否完好；当使用比较法测量其他信号时，作为标准参考信号。

在示波器的使用过程中，应逐渐学会利用校准信号，这将对提高电子技术实验水平大有裨益。

四、实验内容及步骤

1. 稳压电源与直流电压表的使用

(1) 接通电源开关，调节旋钮使两路电源分别输出 +6V 和 +15V，用直流电压表测量输出电压值，将测量值填入表 1-1 中。

(2) 分别使稳压电源输出 ±30V 和 ±12V，重复上面过程。

表 1-1 用直流电压表测量稳压电源的输出电压 (V)

稳压电源的输出电压	+6	+15	+30	-30	+12	-12
直流电压表测量值						

2. 信号发生器与交流毫伏表的使用

按下信号发生器的  按钮，选择正弦波输出。将信号发生器频率调至 1kHz，调节“输出调节”旋钮，使仪器面板表头指示于 5V 位置，分别置分贝衰减开关于 0、20、40、60dB，用交流毫伏表分别测出相应的电压值，记入表 1-2 中。

表 1-2 毫伏表的测量值

信号发生器的衰减级别 (dB)	0	20	40	60
毫伏表的测量值 (mV)				

3. 示波器的使用

(1) 迅速显示和测量校准信号的频率和峰峰值：

1) 将测试探头接入信号输入通道的 CH1 通道，将测试探头信号线的测试钩挂在示波器校准信号的输出端，测试探头的地端夹子夹在校准信号的地线端（地端夹子悬空，与此效果相同），按下示波器的电源开关（在示波器顶端左侧），并将探头上的衰减开关设定为“1×”。

2) 按下 AUTO 按键，数字存储示波器将自动设置使波形显示达到最佳。

3) 旋转垂直 SCALE 旋钮，选择电压档位指示值为“1.00V”；旋转水平 SCALE 旋钮，选择时间档位指示值为“200μs”。

表 1-3 校准信号频率和峰峰值的测量结果

方法	频率 (Hz)	峰峰值 (V)
自动测量		
测算		

4) 分别用自动测量和测算两种方法测出校准信号的频率和峰峰值,并填入表 1-3。

(2) 同时观测两个频率不同的信号:

1) 示波器的 CH1 通道依然接校准信号。示波器的 CH2 通道接信号发生器输出的信号。

2) 调整信号发生器,使其输出频率为 400Hz、峰峰值为 0.8V 的正弦信号。

3) 按下 AUTO 按键,CH1、CH2 两个通道的信号波形分别显示在示波器的上、下半屏幕,但 CH2 通道的波形不稳。

4) 按下 TRIG MENU 按键,设置触发源为“交替”,可同时稳定显示两个信号的波形;然后可分别对两个波形进行有关电压、时间的测量。

(3) 保存。

保存 (2) 中稳定显示的两个波形:

1) 将 U 盘插入 USB 接口。

2) 按下 STORAGE 按键,按 F1 选择“位图”。

3) 旋转多用途旋钮,选择合适的存储位置 (1~20 中的一个数字)。

4) 按下 F4,保存屏幕上的波形。

五、思考题

(1) 在电子技术基础实验中最常用的电子仪器有哪些?

(2) 为什么将校准信号接入 CH1 通道时,只将测试探头信号线的测试钩挂在校准信号的输出端,测试探头的地端夹子悬空就可以了?

(3) 为什么同时观测两个频率不同的信号时,按下 AUTO 按键后 CH2 通道的波形不稳?

(4) 交流毫伏表能否测量 20Hz 以下的正弦信号,在使用时应注意什么?

(5) 在使用交流毫伏表测量电压时,量程开关一般先置于哪个档?然后根据被测电压的大小再逐步减小到小量程档进行测量,这种说法正确吗?

实验二 单管放大器

一、实验目的

- (1) 测定共发射极接法单管放大器的静态工作点与电压放大倍数。
- (2) 研究共发射极接法单管放大器的静态工作点对输出波形的影响,学会根据要求正确选择静态工作点。

二、实验内容

- (1) 调节并测量静态工作点。
- (2) 测量电压放大倍数。
- (3) 研究输入信号大小、静态工作点变化对输出波形的影响。

三、实验仪器及器件

直流稳压电源,双踪示波器,数字函数信号发生器,毫伏表,直流电压表,万用表,单管放大电路实验线路板。

四、实验原理

实验电路如图 2-1,当给单管放大器加上 $U_{CC} = +12V$ 直流电压后,通过偏置电阻 R_{B1} , R_{B2} 可给三极管 VT 提供一个合适的工作状态,静态值由下式估算

$$I_C \approx \frac{\frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \times U_{CC} - U_{BE}}{R'_E + R_E} \quad (2-1)$$

式中, U_{BE} 对硅管一般可取 $0.7V$, 对锗管取 $0.2V$ 。

静态工作点的设置,应考虑到在整个信号变化的范围内晶体管始终处于线性工作状态。如果工作点选择不合适,而使静态集电极电流 I_C 太小,工作点下移,就会出现截止失真。解决的办法只能通过调节输入回路的元件参数,使 I_B 值提高来实现。如果 I_C 电流过大,而使工作点上移,就会出现饱和失真,同样可以通过调节输入回路参数,使 I_B 值减小来解决。为使放大电路输出信号不出现饱和和失真,要求输出电压的峰值 U_{om} 必须满足

$$U_{om} \leq U_{CE} - U_{CES} \quad (2-2)$$

为使放大电路输出信号不出现截止失真,要求输出电压的峰值 U_{om} 必须满足

$$U_{om} \leq I_C R'_L \quad (2-3)$$

为了得到最大动态范围,应将静态工作点调在交流负载线的中点。

电路中, C_1 、 C_2 为隔直耦合电容, C_E 为射极旁路电容,均为有极性的电解电容; R'_E 、 R_E 为发射极电阻;电压放大倍数为

$$A_u = - \frac{\beta R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R_E} \quad (2-4)$$

五、实验步骤

1. 测量静态工作点

- (1) 熟悉放大电路实验线路板,然后按图 2-1,用普通导线接入直流稳压电源(+12V)

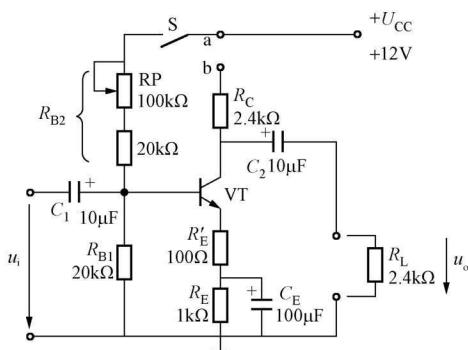


图 2-1 共射极单管放大器实验电路

(不接入数字函数信号发生器), S 合上, 在 a、b 间接入直流电流表。

(2) 调节可变电阻 RP, 使三极管集电极电位 V_C 在 6.5V 左右, 用直流电压表、直流电流表测量静态值 V_E 、 U_{CE} 、 V_B 、 I_C ; 打开 S, 用万用表测量 RP, 将数据填入表 2-1 中。

表 2-1 静态工作点的测量

V_C (V)	V_E (V)	U_{CE} (V)	V_B (V)	I_C (mA)	RP (k Ω)

2. 测量电压放大倍数

(1) S 合上, 将 a、b 间的直流电流表拆掉, 改为普通导线。按图 2-2 接上实验仪器。连接实验系统时, 信号连接和测量采用屏蔽线 (图 2-2 中用带虚线圈的线表示), 屏蔽线的

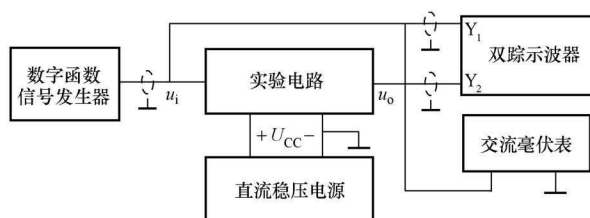


图 2-2 实验系统框图

金属编织线外层接参考点 (地), 防止信号受干扰。

(2) 输出端不插入负载 R_L , 从函数发生器中输出一个有效值 10mV、频率 $f=1000\text{Hz}$ 的正弦波信号接到图 2-1 所示电路的 u_i 输入端, 用双踪示波器观察输入 u_i 与输出 u_o 的相位关系。在输出电压波形不失真的情况下, 用交流毫伏表测量输入电压 u_i 、输出电压 u_o , 记入表 2-2 中。

(2) 输出端不插入负载 R_L , 从函数发生器中输出一个有效值 10mV、频率 $f=1000\text{Hz}$ 的正弦波信号接到图 2-1 所示电路的 u_i 输入端, 用双踪示波器观察输入 u_i 与输出 u_o 的相位关系。在输出电压波形不失真的情况下, 用交流毫伏表测量输入电压 u_i 、输出电压 u_o , 记入表 2-2 中。

(3) 输出端插入 $R_L=2.4\text{k}\Omega$ 的负载, 输入信号不变, 在输出电压波形不失真的情况下, 测量输出电压, 并将数据填入表 2-2 中。

(4) 根据测量值计算 A_u , 填入表 2-2 中。

表 2-2 电压放大倍数的测量 ($U_i=10\text{mV}$, $f=1000\text{Hz}$)

R_L (k Ω)	u_o (mV)	A_u (测算)	u_i 与 u_o 相位关系
∞			
2.4			

3. 观察静态工作点对输出波形失真的影响

保持 S 闭合, a、b 间短接, 负载 R_L 不取下。输入信号为 100mV (有效值)、1000Hz 的正弦波。调节 RP, 使 V_C 分别为 5V 和 10V, 观察静态工作点上移或下移时输出波形失真情况, 并记录在表 2-3 中。

表 2-3 静态工作点对输出波形失真的影响 ($U_i=100\text{mV}$, $f=1000\text{Hz}$)

V_C (V)	5	10
u_i 波形		

续表

$V_C(V)$	5	10
u_o 波形		

* 4. 测量最大不失真输出电压峰峰值 $U_{\text{omp-p}}$

保持 S 闭合, a、b 间短接, 负载 R_L 不取下。逐步增大输入信号 ($f=1000\text{Hz}$) 幅值, 并同时调节 RP (改变静态工作点), 用示波器观察 u_o , 当输出波形同时出现截止失真和饱和失真时, 说明静态工作点已调在交流负载线的中点。

然后反复调整输入信号, 使输出波形幅度最大, 且无明显失真时, 用交流毫伏表测出 U_{om} (有效值), 则 $U_{\text{omp-p}} = 2\sqrt{2} U_{\text{om}}$, 或直接用示波器读出 $U_{\text{omp-p}}$ 。

注意:

输入信号幅值增大时, 应不断调整示波器灵敏度选择开关 V/div , 使示波器屏幕上显示完整的波形, 并使 u_i 显示在上半屏, u_o 显示在下半屏。

六、实验报告要求

(1) 对单管放大器静态工作点, 理论值和实验结果列表进行比较, 分析误差产生的原因。

(2) 比较 $R_L=2.4\text{k}\Omega$ 和 $R_L=\infty$ 的电压放大倍数, 说明负载电阻 R_L 对电压放大倍数的影响。说明共射极单管放大电路 u_i 与 u_o 的相位关系。

(3) 绘出 V_C 分别为 5V 和 10V 时的 u_o 波形, 说明静态工作点对输出电压波形失真的影响。

* (4) 得到的最大不失真输出电压峰峰值 $U_{\text{omp-p}}$ 。

* (5) 进行仿真实验, 并提交仿真实验报告。

七、相关知识

双踪示波器有两个探头, 可同时观测两路信号, 但这两个探头的地线都与示波器的外壳相连。所以两个探头的地线不能同时接在同一电路的不同电位的两个点上, 否则这两点会通过示波器外壳发生电气短路。

当需要同时观察两个信号时, 必须在被测电路上找到这两个信号的公共点, 将探头的地线接于此处, 探头各接至被测信号, 只有这样才能在示波器上同时观察到两个信号, 而不发生意外。

八、思考题

(1) 可否由实验步骤 1 中测量出的各直流电压求出 I_C ? 如何测量 RP 的大小?

(2) 负载电阻变化对放大电路静态工作点有无影响? 对电压放大倍数有无影响?

(3) 放大电路中哪些元件是决定电路静态工作点的?

(4) 无限增大电路负载电阻是否可无限增大 A_u , 为什么? 请说出理由。

(5) 有的同学测量静态工作点结束后把直流电源拆除了再测量电压放大倍数, 请问这样能否得到正确的测量数据? 为什么?

(6) 通过图解分析法说明式 (2-2) 和式 (2-3)。

实验三 场效应管多级放大器

一、实验目的

- (1) 掌握场效应管多级放大器的电路组成及其静态工作点的测量方法。
- (2) 掌握多级放大电路电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量方法。

二、实验内容

- (1) 调节并测量静态工作点。
- (2) 测量电压放大倍数。
- (3) 测量输入电阻、输出电阻。

三、实验仪器及器件

直流稳压电源，数字函数信号发生器，双踪示波器，交流毫伏表，直流电压表，万用表，电阻箱，场效应管电路实验线路板。

四、实验原理

两级阻容耦合放大电路如图 3-1 所示。它由共源极放大器和射极跟随器两级放大器级联组成。两级放大电路之间的交流信号通过耦合电容 C_2 及下级输入电阻连接，称为阻容耦合。电容具有耦合交流信号的作用，同时，也具有隔离直流成分的作用。因此，各级的直流通路相互独立，静态工作点互不影响，可分别进行调整。

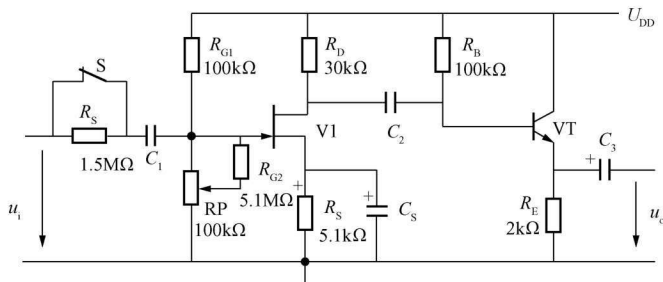


图 3-1 两级阻容耦合场效应管放大电路

本实验电路由于使用了场效应管，使得它具有很高的输入阻抗。这样，它对信号源的影响就很小，输入耦合电容 C_1 可采用容量较小的无极性电容。射极跟随器的输出阻抗很小，增强了放大器的带负载能力。

五、实验步骤

1. 调整并测量静态值

熟悉场效应管电路实验线路板，接上直流电源 $U_{DD} = +15V$ ，连接测试仪器。调整电位器 RP，使场效应管的漏极电位为 $V_D = 7V$ ，测量各级电路的静态工作电压并将测试结果填入表 3-1。

2. 测量电压放大倍数

闭合开关 S，使 $R_S = 0$ ，输入频率 $f = 1000Hz$ 、有效值 $U_i = 30mV$ 的正弦信号，用双踪示波器同时观察输入 u_i 与输出 u_o 的波形。在输出电压波形不失真的情况下，用交流毫伏表测量输入电压 U_i 和输出电压 U_{o1} 、 U_{o2} ，计算总的电压放大倍数，结果填入表 3-2 中。

表 3-1

静态值的测量 ($V_D = 7V$)

(V)

V _I		V _T		
V _S	V _G	V _B	V _C	V _E

表 3-2

电压放大倍数的测量 ($U_i = 30mV$, $f = 1000Hz$)

U_{o1} (mV)	A_{V1} (测算)	U_{o2} (mV)	A_{VT} (测算)	A_V (测算)

3. 测量输入电阻 R_i

闭合图 3-1 所示电路中的开关 S, 使 $R_S = 0$, 调节输入信号的大小, 使输出电压 U_o 为某一值 (如 $U'_o = 1V$), (在输出电压波形不失真的条件下); 打开开关 S, 接入 $R_S = 1.5M\Omega$, 输入信号不变再测得其输出电压 U_o 为 U''_o 。由图 3-2 可得

$$R_i = \frac{U''_o}{U'_o - U''_o} \times R_S$$

4. 测量输出电阻 R_o

闭合开关 S, 使 $R_S = 0$; 输出端负载开路。调节输入信号的大小, 使输出开路电压 U_o 为某值, 如 $U'_o = 1V$ (在输出电压波形不失真的条件下)。然后在输出端接上电阻箱, 调整电阻数值, 使 U_o 下降到原数值的一半 (如 $U''_o = U'_o/2 = 0.5V$), 此时电阻箱的读数即为输出电阻 R_o , 结果填入表 3-3 中。

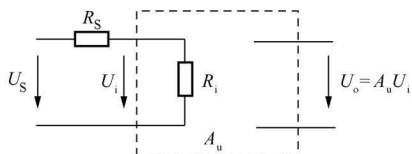
图 3-2 测量输入电阻 R_i 原理图

表 3-3

输入电阻、输出电阻的测量

R_i				R_o		
U_i (mV)	U'_o (mV)	U''_o (mV)	R_i (Ω) (测算值)	U_i (mV)	U'_o (mV)	$U''_o = U'_o/2$ 时的 R_o (Ω)

六、实验报告要求

(1) 记录实验数据。

(2) 计算 A_u 、 R_i 、 R_o 数值。

(3) 证明 $R_i = \frac{U''_o}{U'_o - U''_o} \times R_S$ 。

七、相关知识

测量输出电阻 R_o 时, 也可用如图 3-3 所示, 负载电阻 R_L 代替电阻箱, 得

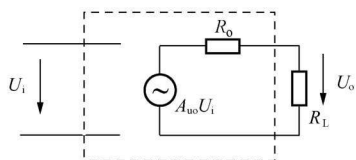


图 3-3 测量输出电阻

$$R_o = \frac{U'_o - U''_o}{U''_o} \times R_L$$

由于 R_o 很小, 当 R_L 较大时, U'_o 与 U''_o 的差很小, 用上式误差较大。所以, 一般采用本实验所采用的半电压法测输出电阻 R_o 。

八、思考题

(1) 在场效应管与晶体管参数未知的情况下，是否能够计算出输入电阻的大小？请将理论值与实验值进行比较。

(2) 场效应管放大器输入回路的电容 C_1 为什么可以取小一些？

(3) 一般测量输入电阻时，先测出 U_i 、 U_s 、 R_s ，再根据公式 $U_i = \frac{R_i}{R_i + R_s} \times U_s$ ，计算 R_i 。为什么在这个实验中，测量场效应管输入电阻时要用测量输出电压的方法？

实验四 负反馈放大器

一、实验目的

- (1) 掌握负反馈放大电路静态工作点的调整和测试方法。
- (2) 掌握负反馈放大电路频率特性的测量方法。
- (3) 进一步了解负反馈对放大电路性能指标的影响。

二、实验内容

- (1) 调节两级放大电路的静态工作点。
- (2) 测量不接负反馈与接入负反馈两种情况下放大电路的频率特性。
- (3) 研究负反馈对放大电路电压放大倍数、通频带及失真的影响。

三、实验仪器及器件

直流稳压电源，数字函数信号发生器，双踪示波器，毫伏表，万用表，负反馈放大器实验线路板。

四、实验原理

图 4-1 是由两级共射极放大器所组成的负反馈放大电路，反馈回路由 R_{e1} 、 C_f 、 R_f 等组成，为电压串联负反馈。

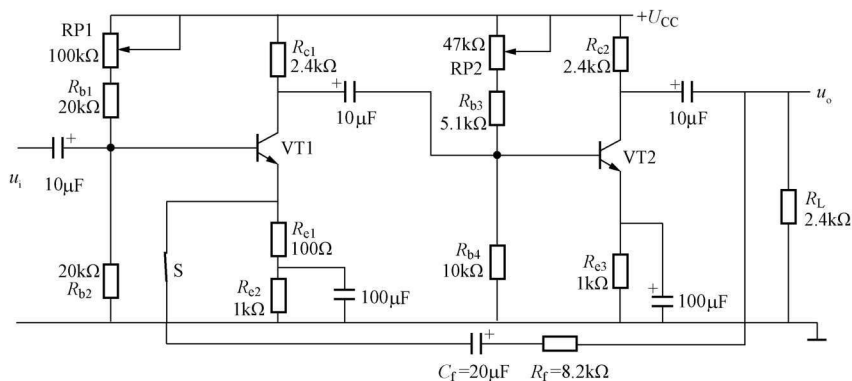


图 4-1 负反馈放大电路

由于放大电路中等效串联电容（包括耦合电容、旁路电容）和等效并联电容（PN 结等效电容）的存在，它对中频信号的放大能力最大，当信号频率升高或降低后，其放大能力均要下降。电压放大倍数 A_u 与输入信号频率 f 之间的关系称为放大器的幅频特性。阻容耦合放大电路的幅频特性曲线如图 4-2 所示。图中， A_{um} 为中频电压放大倍数，通常规定电压放大倍数随频率变化下降到中频

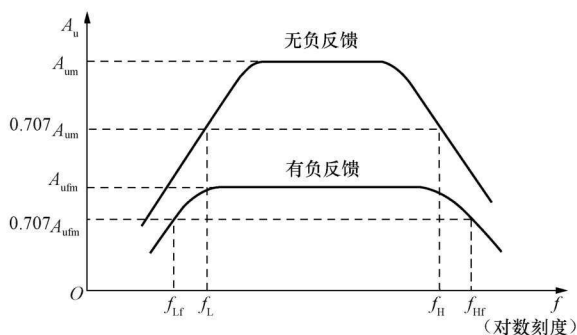


图 4-2 阻容耦合放大电路的幅频特性