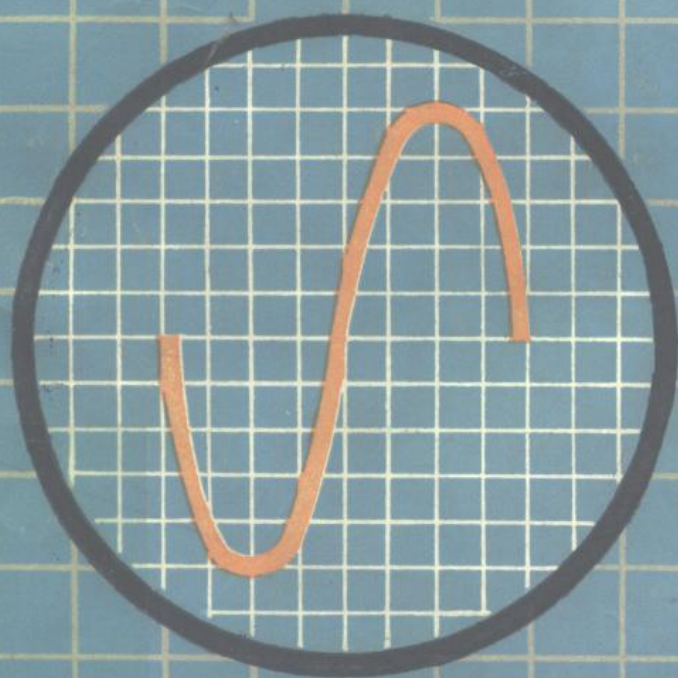


电子技术基础 实验技术

● 张建华 主编 ●



● 北京工业学院

电子技术基础 实验技术

张建华 主编

北京工业学院出版社

内 容 简 介

本书是根据全国电子技术课程指导小组1986年5月厦门会议制定的电子技术基础教学基本要求(草案)而编写的电子技术实验课教材,编写的主导思想是围绕发挥学生的主动性,减少灌输式,力图在实验内容、实验方法和实验的全过程作较大改革。在内容安排上完全摆脱了传统实验教材的编写方法,注意了能力培养和因材施教两个方面。

全书分两个部分:第一部分是实验准备报告和实验报告的要求,以及做每个实验供学生选择的实验题目;第二部分是实验参考资料。其目的是使学生无需复习理论教材便能独立完成全部实验。

本书可作为自控类、电力类各专业电子技术基础实验课教材,也可作为有关专业师生参考。

本书由张建华教授主编,参加编写的还有叶相臣和毕满清副教授。

经兵器工业部第一教材编审委员会自动控制编审组审定。

电 子 技 术 基 础

实 验 技 术

张建华主编

北京工业学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

太原机械学院印刷厂印刷

787×1092毫米16开本16.625印张403千字

1987年6月第一版 1987年6月第一次印刷

印数, 1—8000册

统一书号: 15434.59 定价: 2.50元

前 言

《电子技术基础》是自控类和电力类各专业一门重要的技术基础课。这门课程的主要特点是理论和实践性都很强，学生在学好基本理论的基础上，还必须经过各实践性环节的严格训练，才有可能牢固掌握本课程的基本内容。实验是电子技术课程中最重要的实践性环节之一，对培养学生理论联系实际的能力起着很重要的作用。

在传统的教学工作中，实验总是被安排为理论教学的辅助性环节，例行的实验程序是，学生根据教师已编写好的实验指导书，在事先准备好的定型的实验装置上，按已拟定好的实验步骤，机械地测试一些数据来验证所讲理论的正确性。而且，由于每个实验组大多为2~3人，极其简单的操作也只能由少数学生来完成，其余的学生只能站在一旁看，没有动手机会。就是亲手做了实验的学生，做完了也是知其然而不知其所以然，收获不大。实践证明，如果继续采用这种实验方法，即使增加实验的学时数和实验个数，或把实验独立设课、独立评分，对培养学生理论联系实际的能力也没有明显的效果，自然就更谈不上在实验教学中贯彻因材施教。

为了改变这种局面，几年来我们进行了一点探索性的工作，除将电子技术实验独立设课外，并对实验的内容和方法进行了比较大的改革。其主导思想是，充分发挥学生的主动性，注重学生的能力培养和因材施教。具体作法是：每次实验前首先由教师向学生提出本次实验的目的和基本要求，除几个基本实验外，学生可根据教师的要求自选或自拟实验内容，在教师指导下撰写详细的准备报告，交教师审阅批准后，学生方能进行实验电路的组装、调试和实验数据的测试，然后写出实验报告。采用这种新的实验方法，每个学生设计的实验方案不会完全相同，因此只能一个人单独实验。这就从客观上促使每个学生独立思考、独立工作、积极地去完成实验电路的设计、组装、调试和测试的全过程，有利于对学生能力的培养。由于学生可根据自己学习的实际情况任选实验内容，所以便于因材施教。多届学生的实践说明，这种新的实验方法对提高学生的实际工作能力有着明显的效果。

为了配合对传统实验的改革，我们编写了这本《电子技术基础实验技术》教材，目的是为学生按新的实验方法进行实验电路的设计、调试和测试提供必要的参考资料。本教材主要分两部分：第一部分是供学生选用的实验内容和对撰写实验准备报告及实验报告提出的总的要求，第二部分是为学生完成实验全过程提供的主要参考资料。

本书可作为电子技术基础独立开设60~70学时实验课的教材。使用本书的教师，对书中所列出的实验，可根据课程基本要求和本校的实际情况，全做或选做其中部分内容。每个实验所做的内容可由学生自选或自拟，有余力的学生也可允许多做。

参加本书编写工作的有张建华、叶相臣、毕满清等同志。张建华编写第一部分的实验十四至十八和对实验报告的要求、第二部分的第二章并撰写前言；叶相臣编写第一部分的实验六至十三和第二部分的第一章；毕满清编写第一部分的实验一至五和第二部分的第三章。全

书由张建华负责组织和定稿。全书经北京工业学院王远教授和苏舫副教授审阅，王远教授还对部分章节的编写方法作了具体指导。

实验改革与其它改革一样，也是一件极其复杂的工作，正处于学习和初步探索阶段，难免有不完善的地方，我们殷切希望使用本书的师生提出批评和建议，帮助我们吧实验改革搞得更好。

张建华 1986年7月

于太原机械学院

目 录

第一部分 实验的内容和要求

一、对实验报告的要求	(1)
(一) 实验准备报告要求	(1)
(二) 实验报告要求	(1)
二、实验内容	(1)
实验一 常用电子仪器的使用	(1)
实验二 电子示波器的使用	(2)
实验三 半导体分立元件特性和主要参数的测试	(3)
实验四 集成运算放大器主要参数的测试	(3)
实验五 数字逻辑功能测试仪的使用	(4)
实验六 放大器偏置电路的设计与实验	(4)
实验七 阻容耦合放大器的设计与实验	(5)
实验八 负反馈放大器的设计与实验	(6)
实验九 差动放大电路的设计与实验	(7)
实验十 比例运算电路的设计与实验	(8)
实验十一 模拟运算电路的设计与实验	(8)
实验十二 有源滤波器的设计与实验	(9)
实验十三 波形发生电路的设计与实验	(10)
实验十四 门电路实验	(11)
实验十五 组合逻辑电路实验	(12)
实验十六 触发器实验	(13)
实验十七 时序逻辑电路实验	(17)
实验十八 逻辑电路的设计与实验	(15)

第二部分 实验参考资料

第一章 基本模拟电路的设计与调试

一、放大器偏置电路设计及静态工作点的调整	(20)
(一) 温度对静态工作点的影响	(20)
(二) 放大器常用的偏置电路	(23)
(三) 放大器偏置电路的设计	(25)
(四) 放大器静态工作点的测量和调试	(27)
二、阻容耦合放大电路的设计与调试	(28)
(一) 放大器设计的一般原则	(28)
(二) 阻容耦合放大器的设计	(33)
(三) 容阻耦合放大器的调试	(38)

三、负反馈放大器的分析与设计	(41)
(一) 负反馈对放大器性能的影响	(42)
(二) 反馈放大器的设计	(46)
四、基本差动放大电路的设计与调试	(56)
(一) 基本差动放大电路的偏置方法及静态工作点的计算	(56)
(二) 差模输入信号的放大原理	(58)
(三) 基本差动放大电路的设计和调试	(59)
五、集成运算放大器的应用基础	(62)
(一) 运算放大器的自激与补偿	(62)
(二) 运算放大电路的误差分析	(66)
六、比例放大电路	(74)
(一) 反相比例放大电路的设计和调试	(74)
(二) 同相比例放大电路的设计和调试	(77)
(三) 多级交流放大器的设计	(79)
七、积分和对数运算电路	(80)
(一) 积分电路的设计和调试	(80)
(二) 对数运算电路的设计和调试	(85)
(三) 指数(反对数)放大器的设计和调试	(89)
八、有源滤波器	(94)
(一) 有源低通滤波器	(94)
(二) 有源高通滤波器	(98)
(三) 有源带通滤波器	(100)
(四) 有源带阻滤波器	(102)
九、波形发生电路	(104)
(一) RC正弦波振荡电路	(104)
(二) 方波和三角波发生器的设计和调试	(107)
 第二章 数字电路的设计与实验	
一、数字逻辑门电路	(110)
(一) TTL与非门静态特性的测试	(110)
(二) TTL与非门动态特性的测试	(115)
附录: 用图示仪测试与非门的各外部特性	(115)
(三) TTL与非门逻辑功能的测试	(117)
(四) 集电极开路门与三态门	(118)
(五) MOS数字集成电路静态特性的测试	(120)
(六) MOS数字集成电路使用注意事项	(121)
(七) 几种常用逻辑门之间的替换	(122)
(八) 门电路的应用	(122)
二、组合逻辑电路的分析与设计	(127)
(一) 逻辑函数的表示法和化简方法	(127)

(二)	组合逻辑电路的分析	(128)
(三)	组合逻辑电路的设计	(130)
(四)	卡诺图的构成及其填写方法	(131)
(五)	卡诺图的化简	(133)
(六)	根据逻辑表达式设计逻辑电路	(134)
(七)	器件选择应注意事项	(136)
(八)	组合逻辑设计中的几个实际问题	(137)
(九)	组合逻辑电路设计举例	(140)
三、	集成电路触发器	(143)
(一)	集成触发器的基本类型及其逻辑功能	(143)
(二)	常见集成触发器的结构及其特点	(147)
(三)	各型触发器逻辑功能的相互转换	(148)
(四)	集成电路触发器的参数及其测试	(150)
(五)	有关触发器的几个问题	(153)
四、	时序逻辑电路的分析与设计	(155)
(一)	时序逻辑电路的组成及其特点	(155)
(二)	时序逻辑电路的分析方法	(156)
(三)	同步时序电路的设计方法	(156)
(四)	脉冲异步时序逻辑电路的设计	(164)
五、	各类逻辑电路之间的接口电路	(165)
(一)	TTL与MOS电路之间的接口电路	(165)
(二)	MOS与TTL电路之间的接口电路	(168)
(三)	ECL和TTL电路之间的接口电路	(169)
(四)	HTL和TTL电路之间的接口电路	(171)
第三章 常用电子仪器与测试技术		
一、	电压的测量	(174)
(一)	电压测量的基本要求	(174)
(二)	电压测量仪器的分类	(175)
(三)	测量电压的基本方案	(175)
(四)	电压测量中应注意的几个问题	(181)
二、	时间和频率的测量	(182)
(一)	频率的测量	(183)
(二)	时间的测量	(184)
三、	相位的测量	(186)
(一)	相位-电压转换式相位测量原理	(187)
(二)	相位-频率转换式相位测量原理	(189)
四、	电子示波器	(191)
(一)	示波器的组成及波形显示原理	(191)
(二)	使用示波器应注意的几个问题	(199)

(三) 利用示波器的基本测量方法.....	(201)
五、信号源.....	(208)
(一) XD-2型信号发生器.....	(208)
(二) XD-11型多用信号发生器.....	(209)
六、晶体管特性图示仪.....	(212)
(一) 晶体管特性图示仪的基本工作原理.....	(212)
(二) 图示仪的基本方框图.....	(214)
(三) QT1晶体管特性图示仪的测试原理和使用方法.....	(215)
(四) 使用注意事项.....	(223)
附录：用万用表检查晶体管.....	(223)
七、集成运算放大器的参数测试.....	(225)
(一) 集成运算放大器的主要参数及其测试方法.....	(225)
(二) TOC-2型集成运算放大器测试仪.....	(235)
八、逻辑电路综合测试仪.....	(243)
(一) 测试范围.....	(243)
(二) 测试原理.....	(244)
(三) 面板布置及其说明.....	(247)
(四) 使用方法.....	(250)
(五) 使用注意事项.....	(253)
九、选择和使用电子仪器应注意的几个问题.....	(254)
(一) 正确选用电子测量仪器.....	(254)
(二) 正确选择测量仪器的功能和量程.....	(254)
(三) 正确选择测量方法.....	(254)
(四) 严格遵守仪器使用的操作程序.....	(254)
(五) 使用仪器应注意的“共地”问题.....	(255)
(六) 正确使用仪器的开关和旋钮.....	(255)

第一部分

实验的内容和要求

一、对实验报告的要求

在实验前首先应写出实验准备报告，实验完成后要求写出实验报告。报告书写要清楚，字迹要端正。电路图中所画的元器件符号要符合国家标准，元件参数应符合系列化标准值。所有曲线必须画在坐标纸上。

(一) 实验准备报告要求

1. 根据教师对本次实验提出的要求，结合自己学习的实际情况，每个学生必须认真选择或自拟实验内容，在教师指导下完成实验准备报告。
2. 根据所选实验内容的目的和要求，设计或选用实验电路和测试电路。设计电路时计算要正确，步骤要清楚，画出的电路图要整洁，元器件符号和参数值要标准化。
3. 列出本次实验所需元器件、仪器、仪表、设备和器材的详细清单，在实验前一天交实验室。
4. 拟定详细的实验步骤，包括实验电路的调试步骤、测试步骤。设计数据记录表格。

(二) 实验报告要求

1. 认真整理和处理测试数据，并列出表格或画出曲线。
2. 对测试结果进行理论分析，找出产生误差的原因，提出减少实验误差的措施。
3. 详细记录组装、调试和测试过程中发生的故障或问题，进行故障分析和说明排除故障的过程和方法。
4. 认真写出对本次实验的心得体会和意见，以及改进实验的建议。

二、实验内容

实验一 常用电子仪器的使用

通过实验了解直流稳压电源、低频信号发生器、脉冲信号源、示波器、晶体管电压表和万用表的基本工作原理，掌握其使用方法。

(一) 通过阅读有关参考资料和使用说明书，了解直流稳压电源、低频信号发生器、脉冲信号源、示波器、晶体管电压表的基本工作原理和仪器面板上各开关、旋钮的作用。

(二) 用万用表测直流稳压电源的输出电压。通过实验掌握直流稳压电源输出电压值的调节方法。

(三) 用万用表和晶体管电压表分别测量低频信号发生器的输出电压，并说明以下几个

问题:

1. 如何改变低频信号发生器输出信号的频率和电压。

2. 用万用表和晶体管电压表分别测同一输出信号电压时, 为什么测量结果会不相同? 产生读数差异的原因是什么? 与信号的频率有什么关系?

3. 应如何根据被测对象正确选用电压测量仪器?

(四) 用示波器观察低频信号发生器的输出波形, 通过观察说明以下几个问题

1. 示波器中同步调节的作用是什么? 为了达到同步, 应调整示波器面板上哪些开关和旋钮?

2. 用示波器观察信号波形时, 为了使: (1) 波形清晰, (2) 亮度适中, (3) 波形稳定, (4) 移动波形位置, (5) 改变波形个数, (6) 改变波形高度, (7) 同时显示两个信号波形, 需调哪些旋钮?

(五) 用示波器观察脉冲信号源的输出波形。通过实验了解脉冲信号源的使用方法和正确使用示波器观察脉冲信号波形。

实验二 电子示波器的使用

通过实验初步掌握用示波器测量交流电压的幅度、频率、相位差以及脉冲信号的主要参数。

(一) 阅读有关参考资料, 了解用示波器测量信号电压、频率和相位差的方法。

(二) 测量电压

由XD—2低频信号发生器输出任一频率的信号电压, 用SR8双踪示波器进行测量, 然后用晶体管电压表JB—1B进行测量, 比较其测量结果。通过实验进一步掌握示波器面板上V/div开关和微调旋钮的使用方法, 以及用示波器测量电压的精度和使用范围。

(三) 测量频率

1. 测量时间确定频率

通过实验掌握用示波器测量时间的方法, 并进一步掌握示波器面板上扫速开关“t/div”和微调旋钮的功能及使用方法, “扩展拉×10”的作用和使用场合。

2. 用李沙育图形测量信号频率

通过实验了解李沙育图形与信号频率的关系。指出显示李沙育图形时示波器面板上哪些开关和旋钮不起作用。

3. 比较两种测试结果, 说明两种测试方法的优缺点。

(四) 测量相位

1. 双踪法测量相位

用SR8双踪示波器测量两个正弦信号的相位差, 通过测试说明在示波器上如何同时显示两个信号波形。“断续”和“交替”显示有何区别。

2. 用李沙育图形测量相位

通过测试说明李沙育图形与两个正弦信号相位差的关系。

3. 比较两种测试结果, 说明这两种测试方法的优缺点。

(五) 测量脉冲信号

利用RS8双踪示波器测量脉冲信号的周期、脉宽、幅度和上升时间。

实验三 半导体分立元件特性和主要参数的测试

通过实验掌握用图示仪测量半导体二极管、三极管和场效应管等元件的特性曲线和主要参数的方法；学会用万用表简易判断晶体管的电极和质量的方法。

(一) 用万用表判断二极管和三极管的电极和质量的好坏。

1. 任选一个半导体二极管判断其P、N极，根据所测的正向电阻与反向电阻值，判定二极管质量的好坏。

2. 任选一个半导体三极管，判断是PNP管还是NPN管，并判断管子的三个电极，估计放大能力和穿透电流 I_{CEO} 的大小。

(二) 阅读有关资料，了解晶体管特性图示仪的基本原理，熟悉图示仪面板上开关、旋钮的作用和使用方法。

(三) 测量二极管的伏安特性，确定门坎电压、反向饱和电流和最大反向电压。

(四) 测量稳压管2DW7C（或根据情况选定）的伏安特性曲线，了解击穿情况，确定稳压值。

(五) 测量三极管的特性曲线和主要参数

测试晶体三极管3AX22和3DG6的共发射极输入和输出特性曲线、共基极输出特性曲线、 I_C-I_B 特性曲线，测出 I_{CBO} 、 I_{CEO} 、 BV_{CEO} 、 α 、 β 等主要参数。

(六) 测量场效应管3DJ6的输出特性曲线和转移特性曲线，并测出 I_{DSS} 、 V_P 、 g_m 等主要参数。

实验四 集成运算放大器主要参数的测试

通过实验了解集成运算放大器主要参数的测试方法，掌握集成运算放大器参数测试仪的使用方法。

实验4—1 集成运算放大器主要参数的测试。

测量F007（或自选运算放大器）的下列主要参数

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (1) 输入失调电压 V_{IO} | (2) 输入失调电流 I_{IO} |
| (3) 输入偏置电流 I_{IB} | (4) 差模电压增益 A_{VD} |
| (5) 共模抑制比 K_{CMR} | (6) 最大输出电压 V_{OM} |
| (7) 单位增益带宽 GB | (8) 转换速率 SR |

实验4—2 集成运算放大器参数测试仪的使用。

1. 阅读有关参考资料，了解T02—2型集成运算放大器参数测试仪的基本工作原理，熟悉面板上开关和旋钮的作用，并学会使用。

2. 用T02—2型集成运算放大器参数测试仪测试任一运放的下列主要参数

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (1) 输入失调电压 V_{IO} | (2) 输入失调电流 I_{IO} |
| (3) 输入偏置电流 I_{IB} | (4) 差模电压增益 A_{VD} |
| (5) 共模抑制比 K_{CMR} | (6) 静态功耗 P_c |
| (7) 最大输出电压 V_{OM} | (8) 转换速率 SR |

(9) 单位增益带宽 GB

(10) 开环带宽 BW

(11) 最大共模输入电压 V_{IDM}

(12) 建立时间 T_s

实验五 数字逻辑功能测试仪的使用

通过实验了解逻辑电路综合测试仪的基本工作原理、使用方法以及逻辑部件静态参数与逻辑功能的测试方法。

实验5—1 了解逻辑电路综合测试仪的基本工作原理、使用方法和逻辑部件的测试方法。

1. 阅读有关参考资料,了解仪器的工作原理,熟悉面板上开关和旋钮的作用,掌握它们的使用方法。掌握测试盒的功能和接线方法。

2. 用仪器测试与非门T065的八项直流参数

(1) 低电平输出时电源电流 I_{CCL}

(2) 高电平输出时电源电流 I_{CCH}

(3) 输入低电平电流 I_{IL}

(4) 输入高电平电流 I_{IH}

(5) 输出低电平电流 I_{OL}

(6) 输出高电平电流 I_{OH}

(7) 输出低电平电压 V_{OL}

(8) 输出高电平电压 V_{OH}

3. 用仪器测试与非门T065、JK触发器T068和十进制计数器T210的逻辑功能。

实验5—2 用逻辑电路综合测试仪测试MOS逻辑电路的直流参数和逻辑功能。

1. 用仪器测试NMOS或非门的下列直流参数

(1) 低电平输出时电源电流 I_{CCL}

(2) 高电平输出时电源电流 I_{CCH}

(3) 输出低电平电流 I_{OL}

(4) 输出高电平电流 I_{OH}

(5) 输出低电平电压 V_{OL}

(6) 输出高电平电压 V_{OH}

2. 用仪器测试NMOS或非门和JK触发器的逻辑功能。

实验六 放大器偏置电路的设计与实验

通过实验熟悉放大器偏置电路的设计方法,了解静态工作点与电路参数的关系,以及静态工作点的调试方法。观察温度变化对静态工作点的影响,以及静态工作点变动对放大器输出波形的影响。

实验6—1 设计图6—1所示共射基本放大电路的偏置电路,已知条件和设计要求如下

电源电压

$V_{CC} = 12\text{V}$

集电极电阻

$R_C = 5.1\text{k}\Omega$

静态工作点

$I_{CQ} = 1\text{mA}$ 、 $V_{CEQ} > 3\text{V}$

晶体管3DG6A

$\beta = 40 \sim 60$

实验6—2 设计图6—2所示共集放大电路的偏置电路,已知条件和设计要求如下

电源电压

$V_{CC} = 12\text{V}$

射极电阻

$R_E = 2\text{k}\Omega$

静态工作点

$I_{CQ} = 4\text{mA}$

晶体管3DG6A

$\beta = 40 \sim 80$

实验内容和要求

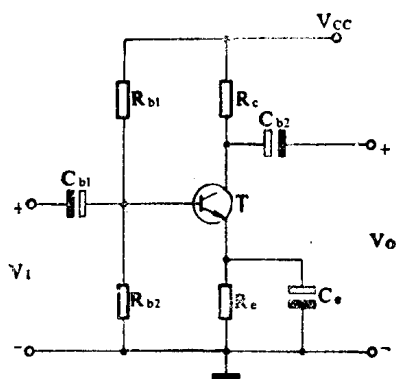


图 6.1 共射基本放大电路的偏置电路

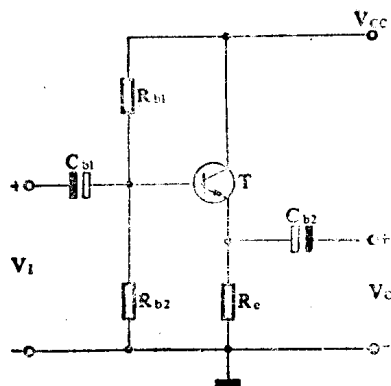


图 6.2 共集放大电路的偏置电路

按所设计电路的元件参数组装此放大电路，并进行如下实验：

1. 测量并调试放大器的静态工作点，使其满足设计要求，否则应适当调整偏置电阻。
2. 研究电路参数 V_{CC} 、 R_c （或 R_e ）、 R_{b1} 的变化对静态工作点的影响，并总结其规律。

3. 观察静态工作点变动对输出电压波形及放大倍数的影响。

调节 R_{b1} 使静态工作点变动、测量电压放大倍数，观察输出电压波形失真情况。分析产生截止失真、饱和失真与 R_{b1} 的变化关系。

4. 观察环境温度变化对静态工作点的影响。可以用满足稳定条件的偏置电路和无温度稳定性的固定偏置电路进行比较。

实验七 阻容耦合放大器的设计与实验

通过实验学习多级阻容耦合放大器的设计方法，熟悉放大器的组装和调试技术，掌握放大器的电压放大倍数、输入电阻、输出电阻和幅频特性的测量方法。

实验7—1 设计一个阻容耦合放大器，已知条件和设计要求如下

输入电压（有效值）	$V_s = 2.5 \text{ mV}$	$R_s = 600 \Omega$
输出电压（幅值）	$V_{OM} = 2 \text{ V}$	$R_L = 1.5 \text{ k}\Omega$
频率响应	$100 \text{ Hz} \sim 10 \text{ kHz}$	
电源电压	$V_{CC} = 12 \text{ V}$	

实验7—2 设计一个阻容耦合低频电压放大器，其已知条件和设计要求如下

输入电压（有效值）	$V_s = 5 \text{ mV}$	$R_s = 600 \Omega$
输出电压（幅值）	$V_{OM} \geq 3 \text{ V}$	$R_L = 1 \text{ k}\Omega$
输入电阻	$r_i > 5 \text{ k}\Omega$	
输出电阻	$r_o < 100 \Omega$	
频率响应	$100 \text{ Hz} \sim 10 \text{ kHz}$	
电源电压	$V_{CC} \leq 15 \text{ V}$	

实验内容和要求

1. 用晶体管电压表测量各级放大电路的静态工作点 I_{CQ} 、 V_{CEQ} 。与设计值相比较，若

相对误差小于10%，则认为已满足设计要求。否则应分析原因、查找故障，进一步调整有关电路参数，使各级静态工作点达到设计要求为止。

随后加上给定输入电压，用示波器观察输出电压波形，如有波形失真应重调静态工作点，直至消除波形失真为止。

2. 测量放大器各级的中频电压放大倍数 A_{v1} 、 A_{v2} …… A_{vn} 和最大输出幅值。为此应首先将放大器输出级调到最佳工作点上，然后进行测量。如果测量结果不满足设计要求，应分析原因，调节相应元件参数，使之满足设计要求。

3. 测量放大器的输入电阻 r_i 和输出电阻 r_o 。与设计要求相比较，相对误差应不大于20%，否则应进行相应调整。但必须注意，整个测量必须在放大器正常工作而没有波形失真的情况下进行。

4. 测量放大器的通频带，要求达到 $f_L \leq 100\text{Hz}$ 、 $f_H \geq 10\text{kHz}$ 。否则应更换耦合电容或射极旁路电容以及晶体管等元件，使之满足要求。

实验八 负反馈放大器的设计与实验

通过实验学习负反馈放大器的设计方法、调试和测试方法，加深理解负反馈对放大器性能的影响。

实验8—1 设计一个交流电压放大器，已知条件和设计要求如下

输入电压（有效值）	$V_s = 10\text{mV}$	$R_s = 100\Omega$
输出电压（幅值）	$V_{om} \geq 1\text{V}$	$R_L = 5.1\text{k}\Omega$
频率响应	$80\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$	
输入电阻	$r_{iF} > 20\text{k}\Omega$	
电源电压	$V_{CC} \leq 12\text{V}$	

稳定性要求：当电路参数变化，使 $\Delta A_v/A_v = 10\%$ 时，其闭环增益变化 $\Delta A_{vF}/A_{vF} < 1\%$ 。

实验8—2 设计一个测量用的交流放大器，其已知条件和设计要求如下

输入电压（有效值）	$V_s = 1\text{mV}$ ($R_s = 2\text{k}\Omega$)
负载电阻	$R_L = 20\text{k}\Omega$
电压放大倍数	$A_{vF} \geq 60$
输入电阻	$r_{iF} > 150\text{k}\Omega$
输出电压稳定度	当 $\Delta A_v/A_v = 7\%$ 时， $\Delta A_{vF}/A_{vF} < 1\%$
频率响应	$10\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$
电源电压	$V_{CC} = 9\text{V}$

实验8—3 设计一个高输入阻抗的交流放大器，已知条件和设计要求如下

输入阻抗	$r_{iF} > 150\text{M}\Omega$
电压放大倍数	$A_{vF} \geq 26\text{dB}$
频率响应	$10\text{Hz} \sim 10\text{kHz}$
负载电阻	$R_L = 10\text{k}\Omega$

电源电压 $V_{CC} = 12\text{V}$

稳定性要求 当 $\Delta A_V / A_V = 10\%$ 时, 要求 $\Delta A_{VF} / A_{VF} \leq 1\%$

实验内容和要求

1. 测量并调整放大器的静态工作点, 与计算值比较, 使相对误差小于10%即可。
2. 研究负反馈对放大器性能的影响。在放大器正常工作情况下, 分别测量反馈放大电路及其基本放大电路的电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、上限频率、下限频率及最大不失真输出电压, 看是否满足设计要求。
3. 研究负反馈对放大器增益稳定性的影响。改变负载电阻, 分别测量有、无负反馈两种情况下放大器的电压放大倍数, 比较两者增益的相对变化率, 即

$$\frac{\Delta A_V}{A_V} = \frac{A_V(R_{L1}) - A_V(R_{L2})}{A_V(R_{L1})}$$
$$\frac{\Delta A_{VF}}{A_{VF}} = \frac{A_{VF}(R_{L1}) - A_{VF}(R_{L2})}{A_{VF}(R_{L1})}$$

4. 研究反馈深度对放大器性能的影响。改变反馈系数用以改变反馈深度, 测量输入电阻、输出电阻及上、下限频率, 看有何变化。观察放大器是否自激。

实验九 差动放大电路的设计与实验

通过实验学习差动放大电路的设计、调试及其性能的测量方法, 掌握差动放大电路的结构和工作特点, 加深理解共模抑制比的意义, 掌握提高共模抑制比的方法。

实验9—1 设计一个双端输入、双端输出的差动放大电路, 设计要求如下

差模输入电压 $V_{ID} = 100\text{mV}$ ($R_s = 10\text{k}\Omega$)

差模输出电压 $V_{OD} \geq 6\text{V}$ $R_L = \infty$

差模输入电阻 $r_{ID} > 20\text{k}\Omega$

共模抑制比 $K_{CMR} > 200$ ($\approx 46\text{dB}$)

实验9—2 设计一个场效应管差动放大电路, 已知条件和设计要求如下

电源电压 $V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{EE} = -15\text{V}$

信号源内阻 $R_s = 100\text{k}\Omega$

电压放大倍数 $A_{VD} = 26\text{dB}$

实验内容和要求

1. 按所设计的电路在通用实验板上进行组装、调试和测量。

(1) 使输入端对地短路, 然后接通电源。一面调整调零电位器 R_w , 一面测量输出端的直流电压, 直到使输出电压等于零为止。调零后测静态工作点, 并与给定值比较。如果不满足要求, 则应检查电路是否有错误或进一步调整有关元件参数。

(2) 在输入端加差模输入电压 $V_{ID} = 100\text{mV}$, $f = 100\text{Hz}$, 测量双端输出电压 V_{OD} 和单端输出电压 V_{ODS} , 测量输出电压与输入电压之间的相位关系, 计算差模放大倍数 A_{VD} 和 A_{VDS} 。

在输入端加共模输入信号 V_{IC} , 分别测量双端共模输出电压 V_{OC} 和单端共模输出电压 V_{OCS} , 计算共模放大倍数 A_{VC} 和 A_{VCS} 。

按上述测量结果计算出共模抑制比。如不满足设计要求,应检查原因进行适当调整。

2. 研究电路参数对共模抑制比的影响

(1) 改变 R_e (应同时改变 V_{EE} 保持静态工作电流 $I_E = 2I_C$ 不变)或用恒流源代替 R_e (应保持放大管的静态工作电流不变), 测量 K_{CMR} , 与上述测量结果比较。

(2) 换用两只对称性差的晶体管, 测量 K_{CMR} , 仍与上述测量结果比较。

实验十 比例运算电路的设计与实验

通过实验学习比例运算电路的设计和调试方法, 了解影响运算精度的因素。

实验10—1 设计一个数学运算电路, 实现下列运算关系, 已知条件和设计要求如下

运算关系

$$V_O = 5V_1 + 2V_2 - 3V_3$$

输入电压分别为

$$V_1 = 50 \sim 100 \text{ mV}$$

$$V_2 = 50 \sim 200 \text{ mV}$$

$$V_3 = 20 \sim 100 \text{ mV}$$

集成运算放大器采用F007或BG305

实验内容和要求

1. 在通用实验板上组装所设计的运算电路, 检查无误后进行消振和调零。
2. 按输入信号范围, 任选三组以上的输入数据加到运算电路的输入端, 分别测出其输出电压, 与理论计算值比较 (输入信号可以是直流, 也可以是100Hz左右的交流)。
3. 研究集成运算放大器非理想特性对运算精度的影响。

在其它电路参数不变的情况下, 换用开环增益较小的集成运算放大器 (如F001), 经消振、调零后重复上述测量, 试比较其运算误差。

实验10—2 设计一个用两个集成运算放大器所构成的交流放大器, 已知条件和设计要求如下

输入阻抗

10k Ω

电压增益

1000倍

频率响应

20Hz~100kHz

最大不失真输出电压

10V

实验的内容和要求

1. 在通用实验板上组装所设计的交流放大电路, 并对每级放大电路进行消振和调零。
2. 测量和调试放大器的输入阻抗、电压增益、上限频率、下限频率和最大不失真输出电压幅值, 看是否满足设计要求。如果不满足, 应进行相应调整。

实验十一 模拟运算电路的设计与实验

通过实验学习模拟运算电路的设计和调试方法, 了解引起运算误差的因素及提高运算精度的方法。

实验11—1 设计一个积分运算电路, 用以将方波变换成三角波。已知输入方波的幅值为100mV, 周期为1mS。