

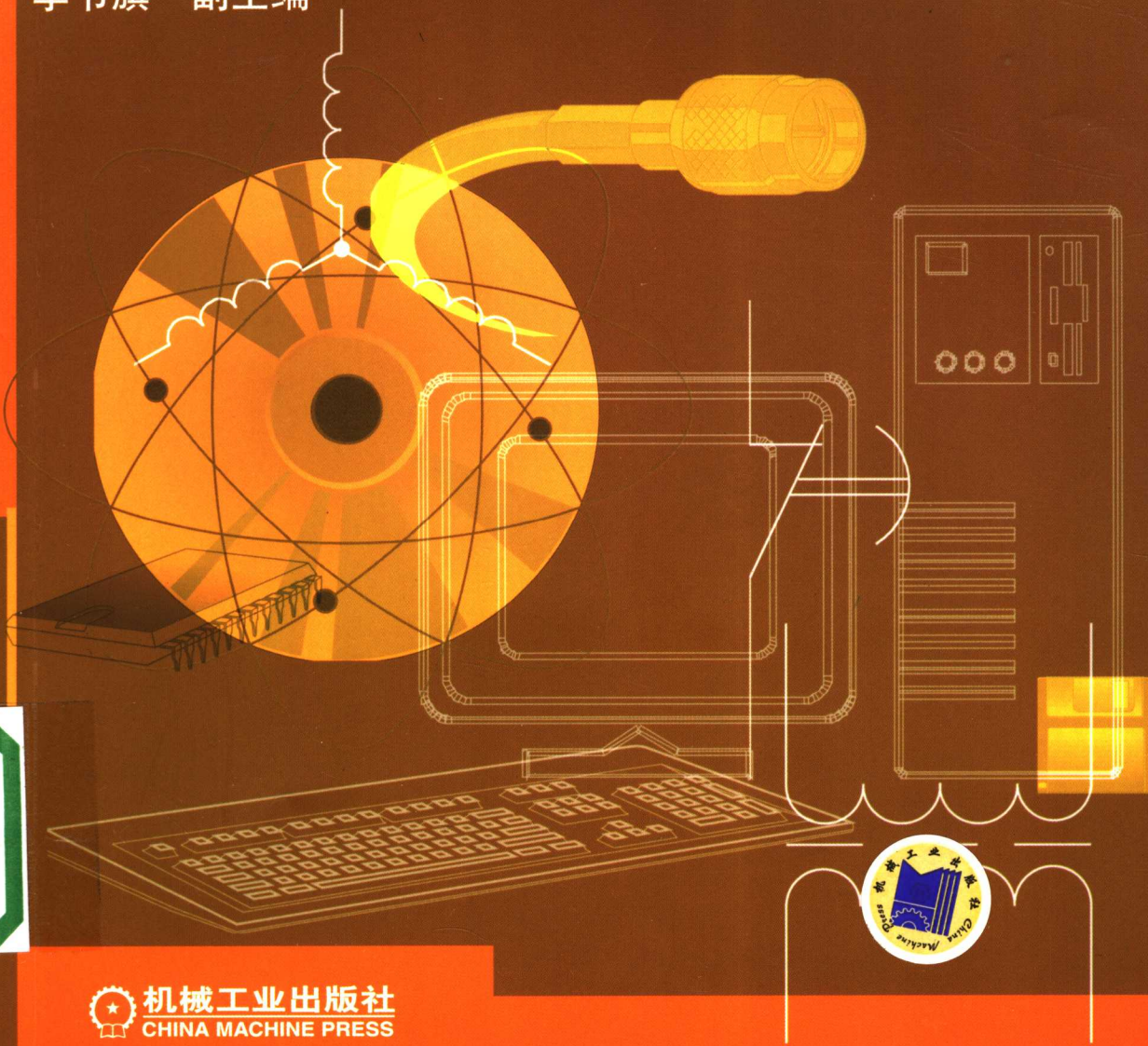
普通高等教育机电类规划教材

电子技术基础实验

模拟电子技术及其 EDA

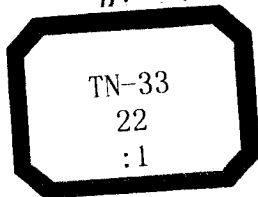
上册

童雅月 主编
李书旗 副主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TN-33



普通高等教育机电类规划教材

电子技术基础实验 上册

——模拟电子技术及其 EDA

主 编 童雅月
副主编 李书旗
参 编 苗红霞 宋凤琴
主 审 皇甫正贤



机械工业出版社

本书从加强实践教学环节出发,分上、下两册。

上册“模拟电子技术及其EDA”,较全面地介绍了模拟电子技术不同类型的实验。全书分四章,共21个实验,其中硬件实验9个、EWB实验8个、在系统可编程模拟器件实验4个,电子技术综合设计课题6个。

下册“数字电子技术及其EDA”,较全面的介绍了数字电子技术不同类型的实验。全书共分四章和3个附录。第一章数字逻辑电路硬件实验,包含7个实验;第二章数字逻辑电路仿真实验,包含7个实验;第三章在系统编程技术实践,包含9个实验;第四章数字电子技术课程设计,包含6个电路系统设计。附录A EWB软件使用简介,附录B SE-3型ISP数字系统实验箱使用说明,附录C常用逻辑符号对照表。

本书可作为高等院校计算机类、电子信息类、自动化工程类、电气工程类专业“电子技术基础”课程的实验教材,也可作为电气、电子信息类专业工程实践教科书,或者供从事自动化、电气工程、计算机控制的技术人员参考和学习。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验(上、下册)/童雅月、李庆武主编;李书旗,江冰副主编. —北京:机械工业出版社,2006.7

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-19125-0

I. 电... II. ①童...②李...③李...④江... III. ①电子技术—实验—高等学校—教材②模拟电路—电子技术—实验—高等学校—教材③数字电路—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(2006)第046578号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:高文龙 刘丽敏 版式设计:冉晓华 责任校对:王欣

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2006年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·7.75印张·293千字

定价:22.00元(上、下册)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)88379730

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编委会

主任 邱坤荣
副主任 黄鹤汀
左健民 高文龙
章 跃 王晓天
周建方 沈世德
秘 书 周骥平
委 员 (排名不分先后)
周骥平 徐文宽
唐国兴 邓海平
戴国洪 李纪明
蒋同洋 鲁屏宇
葛士恩 赵连生
芮延年 王 萍
乔 斌 李建启
葛友华

第 2 版序言

20 世纪末、21 世纪初，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，胜利跨入了高等教育大众化阶段，使高等教育的理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中，一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起，超常发展，1999 年已见端倪。当时我们敏锐地感到，这批应用型本科院校的崛起，必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求，否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。1999 年下半年，我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、常州技术师范学院、江南大学、沙州工学院、常熟理工学院等 12 所高校在扬州开会，讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题，规划出版 38 种，并进行了分工，提出了明确的规范要求，得到江苏省各方面的支持和配合。2001 年 5 月开始出书，到 2004 年 7 月已出齐 38 种，还增加了 3 种急需的教材，总册数已达 45 万册。每种至少有 2 次以上印刷，最多的印刷了 5 次，发行量达 2.5 万册。据调查，用户反映良好，并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴，但更是对我们的鞭策和鼓励，实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少，需要改进的地方还很多。我们为过去取得的进步和成绩而高兴，同样，我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己，这是大家最关注的问题。我们应该以对国家、对人民、对社会、对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题，以寻求更好的解决方案。我们认为，必须在总结前一阶段经验的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持高标准、严要求，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强，为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型，它除应恪守大学教育的一般办学准则外，还应有自己的个性和特色，就是要

在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理需要的高级工程技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校，也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养，重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从小学生的角度考虑，以人为本，以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节，实现人的全面发展；又要从经济建设的实际需求考虑，多类型、多样化地培养人才，但最根本的一条还是坚持“面向工程”的办学方向，根据这样的要求，“确保理论基础，强化实践能力，突出创新精神，优化综合素质”应当是本科应用型人才的基本特征。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型人才必须依靠应用型的课程和内容，用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上，科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展，在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上，要强化学生解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力，还要注重思维能力和创造能力的培养，使学生思路清晰、条理分明，有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作，创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中，如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法，还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要在素质教育的思想指导下，对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合，使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才，就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念，选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系，必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性，那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题，增设具有国际意义的课程，加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中，必须始终坚持以人的全面发展为本，紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度，往往是这所大学成功和水平的标志。同样，我们修订和编写教材，提供教学用书，最终是为了把知识转化为能力和智慧，使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此，在修订、编写教材过程中，必须始终把师生的需要和追求放在首位，努力提供教的方便和学的便捷，努力为教师和学生留下充分展示自己教

和学的风格和特色的发展空间,使他们游刃有余,得心应手,还能激发他们的科学精神和创造热情,为教和学的持续发展服务。

二、坚持质量第一,努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著,它既是学术专著,又是教学经验之理性总结,必须经得起实践和时间的考验。我们的教材才使用了几年,还很难说就是好教材,因为前一阶段主要是解决有无问题,用户还没有来得及去总结和反思,所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后,更要坚持高标准、严要求,用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求自己,确保教材质量和特色。切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套,并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则,努力扩大教材使用范围,不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作,必须加快吸收有条件有积极性的同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加,以集中更多的力量,建设好应用型本科教材。特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和有关企业专家参加编写工作。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的有关高校建立教材使用质量跟踪调查,并建立网站,以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见,不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作,实实在在地为教师和学生提供精品服务,实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写工作的高校的大力支持和配合,在此,一并表示衷心感谢。今后,我们应一如既往地更加紧密地合作,共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献,为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献,为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业
机电类规划教材编审委员会
主任 教授 邱坤荣
2005年10月15日于常熟理工学院

前 言

当今时代电子信息技术高速发展，市场竞争激烈，对相应人才的需求不断提高，尤其是越来越注重实践动手能力和创新能力。在就业压力不断增加的形势下，众高校不断探索人才培养新模式，以培养专业基础扎实、应用能力强、善于开拓实践的专业应用型人才为主要目标来适应市场的需要。

电子技术是高等工科院校实践性、工程性很强的专业基础课程，在确保理论教学质量的同时，必须加强实验教学环节。专业实验教学是培养学生动手能力的必要途径，如何通过实验有效地培养学生的综合分析能力，排除故障能力，开发、创新能力和理论联系实际的能力，是实验教学追求的目标，也是高校着力探索与实践的重点课题。

正是出于形势所需，我们组织编写了本实验教材。各编者长期从事教学工作，尤其在电子技术教学方面积累了较丰富经验，本次编书，是在实践经验基础上进行的一次全面系统的整理，更是近几年实验教学改革经验的总结。

全书在安排上既考虑了与理论教学保持同步，又考虑了培养学生能力的循序渐进的过程。引入了电子电路仿真的内容，丰富了实验手段，并增加了设计性、综合性实验内容，注重教学内容的多样性，适用于不同层次高等学校的理工科学生，满足不同程度学生的学习要求。实验内容由硬件到软件，由局部设计到系统仿真，强化电路功能的同时灌输系统集成概念，有助于学生在掌握模拟电路的基本测试、设计方法的同时培养系统分析、系统设计的能力。

本书共四章。第一章以电子线路的验证型实验和设计型实验为主，目的是使学生掌握基本的电子线路实验方法，加深对理论课内容的理解。第二章介绍了EWB计算机辅助分析和设计方法，将电子线路设计思路通过软件模拟实现，培养他们的工程设计能力和创新思维能力。第三章为可编程模拟器件ispPAC的原理及应用，其中包括，ispPAC10增益放大器与衰减方法（一）、（二），ispPAC10二阶滤波器的实现，使用ispPAC20完成电压监测等4个实验。实验内容中标注“*”部分教师与学生可根据实际情况选做，每个实验的课内学时一般为3学时左右。第四章编排了6个电子技术综合设计题目以适应不同的对象。要求学生在基本教学实验的基础上，综合运用已学知识，完成小型系统的设计制作任务。它包括确定设计方案、电路选择、元件参数的计算、电路的安装与调整、组织仪器进行指标测试直至写出综合实验报告。附录实验基础知识中编入了模拟电路的一般调试方法和常用电路分立元、器件型号及其主要性能参数，以供查阅。

VIII

本教材中第一、四章和附录的文、图中采用国家标准，第二、三章采用 EWB 和 ispPAC 软件中的符号和表示方法，并将不同符号的对应图列于附表中，供参考。

本书由童雅月主编，负责全书的总体策划，李书旗任副主编。第一章和第四章由童雅月编写；第二章由李书旗编写；第三章由苗红霞编写；附录由李书旗和宋凤琴编写。全书由东南大学的皇甫正贤教授负责主审，在此对皇甫教授表示衷心的感谢。

在编写过程中，得到了河海大学计算机及信息工程学院冯晔、殷明老师的大力支持和热情帮助，对书中部分题目作了实验，在此表示衷心感谢。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者

目 录

第2版序言

前言

第一章 模拟电子电路硬件

实验 1

实验一 常用电子仪器的使用 1

实验二 晶体管特性测试 5

实验三 单管放大器 12

实验四 差动放大器 16

实验五 负反馈放大器 19

实验六 模拟加、减放大器 25

实验七 基本积分器 28

实验八 RC桥式振荡器 30

实验九 集成稳压电路 33

第二章 模拟电子电路 EWB 仿真

实验 36

实验一 Electronics Workbench 5.0
的使用 36

实验二 小信号共射放大器 44

实验三 共源极放大器 48

实验四 乙类和甲乙类推挽功率
放大器 50

实验五 运算放大器在波形产生
方面的应用 55

实验六 无源滤波器与波特图 60

实验七 有源带通滤波器 66

实验八 稳压器设计 69

第三章 可编程模拟器件 ispPAC

的应用 72

实验一 ispPAC10 增益放大与
衰减方法(一) 72

实验二 ispPAC10 增益放大与
衰减方法(二) 76

实验三 ispPAC10 二阶滤波器的
实现 79

实验四 使用 ispPAC20 完成电压
监测 83

第四章 电子技术综合设计 88

课题一 过、欠电压报警与保护
电路 88

课题二 音调控制电路 89

课题三 8W 扩音机 90

课题四 简易数控直流稳压电源 91

课题五 多功能信号发生器 92

课题六 温度报警器 93

附录 实验基础知识 94

参考文献 109

第一章 模拟电子电路硬件实验

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

1. 掌握实验室常用电子仪器的正确使用方法。
2. 能用示波器正确观察各种信号的波形及波形幅度和频率(时间)。
3. 能正确使用函数信号发生器,并识别分贝(dB)实用意义。
4. 掌握示波器、信号发生器、毫伏表三者配合进行测量的方法。

二、实验原理

本实验采用的三种常用电子仪器为:信号发生器(GFG-8219)、晶体管毫伏表(DA-16)、示波器(YB4320),它们之间的连线方式如图 1-1 所示。

1. 低频信号发生器

用来产生 1Hz~3MHz 的正弦波信号、方波信号和三角波信号(TTL)。输出电压有效范围为 0.05mV~7V。脉冲信号的幅度和频率连续可调,频率用数码管显示。

2. 毫伏表

用来测量交流电压大小。根据实验选定的信号频率和幅度的范围,选用 DA-16型毫伏表测量。它能测量频率为 20Hz~1MHz、幅度为 0.1mV~300V 的正弦信号电压(以有效值指示)。

3. 示波器

是一种用来观察各种周期电压(或电流)波形的仪器。能观察到的最高信号频率主要决定于示波器 X 轴通道的频带宽度。本实验采用双通道通用示波器,用它可以观测频率为 10Hz~20MHz 各种周期信号。为了减小示波器的输入阻抗对被测信号的影响,被测信号可以通过探头加到 Y 轴放大器的输入端。示波器探头有 10:1 衰减或 1:1 衰减两种。

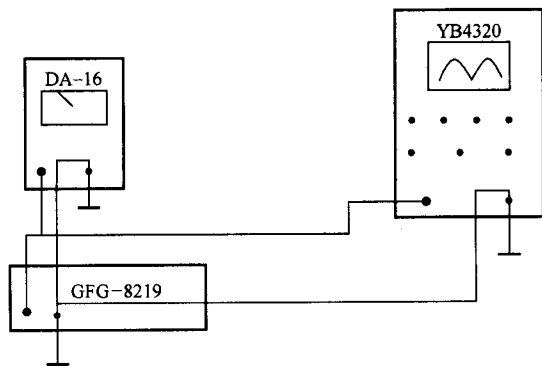


图 1-1 测量仪器连接图

三、实验器材

低频信号发生器	1 台
双踪示波器	1 台
晶体管毫伏表	1 台
万用表	1 只

四、实验内容与方法

1. YB4320 示波器的使用

(1) 仪器面板各控制位置的调节 打开电源开关前先检查输入的电压，将电源线插入后面板上的交流插孔，如表 1-1 所示设定各个控制键。

表 1-1 仪器面板控制键的设定

控制 键	设定情况 (或设定位置)
电源 (POWER)	电源开关键弹出
亮度 (INTENSITY)	顺时针方向旋转
聚焦 (FOCUS)	中间
AC-GND-DC	接地 (GND)
垂直位移 (POSITION)	中间 ($\times 5$) 扩展键弹出
垂直工作方式 (MODE)	CH1
触发方式 (TRIG MODE)	自动 (AUTO)
触发源 (SOURCE)	内 (INT)
触发电平 (TRIG LEVEL)	中间
TIME/DIV	0.5ms/Div
水平位置	0×1 , ($\times 5$ MAG) ($\times 10$ MAG) ALT MAG 均弹出

所有的控制键如上设定后，打开电源。当亮度旋钮顺时针方向旋转时，轨迹就会在大约 15s 后出现。调节聚焦旋钮直到轨迹最清晰。如果电源打开后却不用示波器时，将亮度旋钮逆时针旋转以减弱亮度。

注：一般情况下，将下列微调控制旋钮设定到“校准”位置。

V/Div VAR：顺时针方向旋转到底，以便读取电压选择旋钮指示的 V/Div 上的数值。

Time/Div VAR：顺时针方向旋转到底，以便读取扫描选择旋钮指示的 Time/Div 上的数值。

改变 CH1 位移旋钮，将扫描线设定到屏幕的中间。如果光迹在水平方向略微倾斜，调节前面板上的光迹旋钮与水平刻度线相平行。

一般检查：

1) 屏幕上显示信号波形。

如果选择通道 1，设定如下控制键：

垂直方式开关— CH1

触发方式开关— AUTO

触发源开关— INT

完成这些设定之后，高于 20Hz 的频率的大多数重复信号可通过调节触发电平旋钮进行同步。由于触发方式为自动，即使没有信号，屏幕上也会出现光迹。如果 AC-GND-DC 设定为 DC 时，直流电压即可显示。

2) 需要观察两个波形时，将垂直工作方式设定为双踪 (DUAL)，这时可以很方便地显示两个波形，如果改变了 Time/Div 范围，系统会自动选择 (ALT) 或 (CHOP)。如果要测量相位差，带有超前相位的信号应该是触发信号。

3) 显示 X—Y 图形：

当按下 X—Y 开关时，示波器 CH1 为 X 轴输入，CH2 为 Y 轴输入，垂直方式 $\times 5$ 扩展开关断开 (弹出状态)。

4) 叠加的使用：

当垂直工作方式开关设定为 ADD (叠加)，可显示两个波形的代数和。

(2) 校检示波器

方法：将示波器的正面校准信号 (1kHz、0.5V) 方波用专用线送入示波器的“Y 轴输入”插座。在 V/Div 为 0.01V 和 Time/Div 为 0.1ms 时，读出信号一个周期中纵向、横向的格数，填表计算。改变 V/Div 为 0.02V，Time/Div 为 0.5ms，再次读出格数，填入表 1-2 中。将两次计算结果与校准信号的频率、幅值比较，说明校验结果。

表 1-2 校准信号的周期、幅值记录表

第一次		第二次	
V/Div 0.01 \times 格数	Time/Div 0.1ms \times 格数	V/Div 0.02 \times 格数	Time/Div 0.5ms \times 格数

2. DA-16 型晶体管毫伏表的使用

(1) 阅读说明书中的使用须知；

(2) 了解选择开关位置与表刻度的对应关系。

用分贝表示刻度的“输出衰减”旋钮的使用应注意：

当“输出衰减”旋钮置于 0dB 时，表头的指示值为输出信号电压的有效值。“输出衰减”旋钮置于 10dB 时，输出信号为表头指示的 0.315 倍。

3. 低频信号发生器的使用

(1) 阅读说明书中的使用方法, 了解如何选择输出信号的频率及电压值范围。

(2) 用低频信号发生器产生三种波形: 正弦波、方波、三角波, 用示波器观察之。

(3) 用信号发生器产生 1kHz、5kHz、10kHz 正弦波, 用示波器测量其 T 值和 f 值填于表 1-3 中, 并与信号频率进行比较, 计算误差 r 。

表 1-3 信号频率记录表

函数发生器频率	示波器读出		误差 r
	T	f	
1kHz			
5kHz			
10kHz			

(4) 用毫伏表验证输出幅度的衰减。

方法: 将信号发生器固定在某一频率下 (例 1kHz), 使输出幅度为最大有效值 (即不衰减时的最大值, 用 DA-16 晶体管毫伏表直接测量), 调节“输出衰减”位置测量其对应输出电压值, 记入表 1-4 中。

表 1-4 毫伏表测量记录表 $f = 1\text{kHz}$ 有效值 6V

“输出衰减”	+20dB	+10dB	0dB	-10dB	-20dB
毫伏表读数					
衰减倍数					

4. 综合测试

(1) 用示波器两次测量法校准信号发生器频率刻度。

方法: 将示波器校准信号 (1kHz、0.5V) 用专用线送入示波器, 显示一组较完整的波形。定好与 Time/Div 选择值完全吻合的信号发生器的信号送入示波器 Y 轴上, 即可观察发生器频率刻度。填表 1-5, 计算相对误差 r :

$$r = \left| \frac{f_0 - f}{f_0} \right| \%$$

式中 $f = \frac{1}{\text{格数} \times \text{Time/Div}}$;
 f_0 ——基准频率。

(2) 校验信号发生器输出两种不同波形时, 其有效值和最大值比例系数 K 。

方法: 两种波形用信号发生器产生, 频率可任意选定 (但测量时不能再改变), 幅度调至最大值。

表 1-5 校准信号发生器记录表

标准频率	被测信号频率	误差 r
Time/Div= 格数= f_0 =	格数= T = f =	$\left \frac{f_0 - f}{f_0} \right \% =$

用示波器测量最大值 V_p (峰值), 用毫伏表测量有效值 V_o , 比例系数 $K =$ 有效值 V_o /峰值 V_p 。

填表 1-6, 将测量值与理论值比较, 说明误差原因。

表 1-6 有效值和最大值比例系数记录表

波 形	峰值 V_p	有效值 V_o	测量 K 值	理论 K 值
正弦波				
方 波				

五、实验预习及思考题

1. 预习

(1) 阅读三种仪器 (示波器 YB4320、毫伏表 DA-16 型、低频信号发生器 GFG-8219 型) 使用说明书。

(2) 阅读本实验内容和步骤。

2. 思考题

(1) 用示波器观察波形时, 要达到如下要求应分别调节哪些旋钮?

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。

(2) 用示波器测量交流信号, 如何才能达到尽可能高的测量精度?

六、实验报告

根据实验记录, 列表整理、计算实验数据, 并描绘观察到的波形图。

实验二 晶体管特性测试

一、实验目的

1. 了解晶体管特性图示仪使用方法。
2. 学会用万用表判别晶体管类型和管脚及进行参数的检查。
3. 学会用晶体管图示仪测量小功率三极管特性参数。

二、实验原理

1. 万用表欧姆档的等效电路

万用表欧姆档的等效电路如图 1-2 所示, 图中 E 为表内电池, R_S 为等效仪

器内阻，红表笔对应表内电池的负极，黑表笔对应正极。

2. 用万用表判别晶体管的极性、类型、管脚和检查参数

(1) 判别晶体二极管 用万用表 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档，测二极管。若显示电阻值比较小（约 $100 \sim 200\Omega$ ），而对调再测显示电阻较大（约几百千欧）说明二极管是好的。对于显示阻值较大时，黑表笔接的一端必定为二极管的负极，红表笔接的一端为其正极。

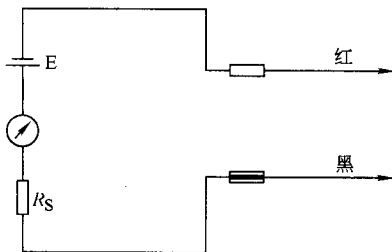


图 1-2 万用表欧姆档的等效电路

(2) 判别晶体三极管类型（PNP 或 NPN）和电极（E、B、C）

1) 判别 B 极和类型 用万用表 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档，黑表笔接某假定为基极 B 管脚上、红表笔先后接到其余两管脚。若两次测得的电阻数很大（或很小）而对换表笔后测得的电阻都很小（或很大）可确定假设是正确的。若测得结果不是这样的，则要重新假定 B 再测。

当基极确定以后，将黑表笔接基极、红表笔分别接其他两极，若测得电阻都较小则为 NPN 型，否则为 PNP 型。

2) 判别 E 极和 C 极 已知三极管为 NPN 型，把黑表笔接到假定的 C 极，红表笔接假定的 E 极，并用手捏住 B、C 两个电极（但 B、C 不能接触）通过人体给 B、C 间接加入偏置电阻，读出 E、C 间接电阻值，如图 1-3 所示。然后将红黑表笔反接重测，与第一次

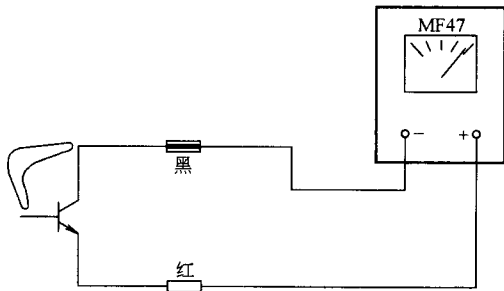


图 1-3 判别 BJT 的 E 极和 C 极

读数比较，若第一次阻值小，则原来的假定是对的，即黑笔接的为 C 极，红笔接的是 E 极。E、C 间接电阻值较小正说明通过万用表的电流较大，偏置正常。

(3) 检查晶体三极管的参数

1) 检查穿透电流 I_{CEO}

用万用表检查穿透电流 I_{CEO} 大小的方法如图 1-4 所示，将基极 B 开路，测量 E、C 间接电阻值，若阻值较大（几十千欧），则说明穿透电流较小，管子能正常工作。

2) 检查电流放大系数 β 的大小

方法：在 B、C 间接入 $100k\Omega$ 电阻，如图 1-4 所示。若 $100k\Omega$ 接入前后两次

测得的电阻值相差愈大，则说明 β 愈大。此方法一般适用于检查小功率管的 β 值。

3. 用晶体管特性图示仪 测量晶体三极管特性、参数 的原理与方法

晶体管特性曲线的逐点测试是很烦琐的方法，利用示波器显示波形的原理，就可以在示波管屏幕上自动显示晶体管的特性曲线。例如，

测量三极管输出特性曲线，就可以将 I_B 为某一常数，集电极加正弦半波电压，并将该集电极电压经过放大后加到示波管水平偏转板上， I_C 经 R_f （取样电阻，两端电压正比于 I_C ）所产生的电压，通过放大后加到示波管的垂直偏转板上，屏幕上就能显示一条 $i_C - V_C$ 曲线。如果再一步步将基极电流 I_B 改为由一个阶梯电流供给，阶梯信号的每一个台阶与正弦波（半波）扫描电压相对应，于是就可以直接在屏幕上显示完整的输出特性曲线族。

本实验采用的 YB4810 型晶体管特性图示仪就是根据上述原理设计而成的一种仪器，它由阶梯信号发生器、集电极扫描发生器和示波器等部分组成，如图 1-5 所示。

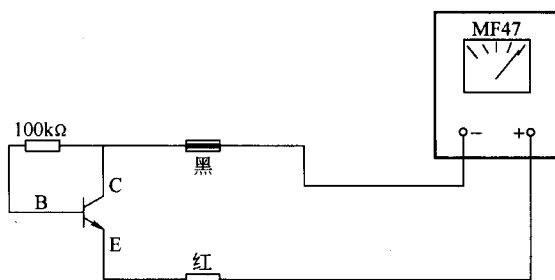


图 1-4 检查 BJT 的 I_{CEO}

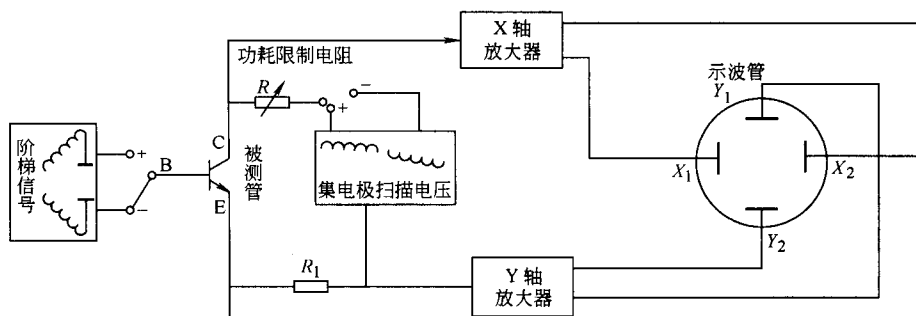


图 1-5 YB4810 图示仪原理方框图

测试方法：

(1) 测试二极管 将二极管插入 YB4810 型图示仪测试台的“C”、“E”孔中，如图 1-6a 所示。由于 YB4810 型图示仪的 X 轴扫描电压只能由零开始增大到某一正值或由零开始减小到某一负值，所以二极管伏安特性曲线能由“正向特性”和“反向特性”两段分别显示，如图 1-6b 所示。

测量时，图示仪面板上各旋钮位置如表 1-7 所示。