



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电子技术实验 与课程设计

第4版

毕满清 主编

DIANZI JISHU SHIYAN YU  
KECHENG SHEJI



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

013062020

TN7-33  
27-4

普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 电子技术实验与课程设计

## 第4版

主编 毕满清

参编 杨 录 杨翠娥 杨新华

高文华 张艳花 杨 凌

主审 韩 焱



机械工业出版社

TN7-33  
27-4



北航

C1669929

013025020

本书是按照高等学校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,在普通高等教育“十五”国家级规划教材《电子技术实验与课程设计》(第3版)的基础上修订的。

全书共分9章:模拟电子技术实验,模拟电子技术EDA实验,数字电子技术实验,数字电子技术EDA实验,电子技术综合性实验,电子技术课程设计基础知识,电子系统设计举例及设计题目,Multisim 10软件的使用,QuartusII软件的使用。实验和课程设计加强了数字可编程器件和EDA技术的应用,做到了软件和硬件的有机结合,既满足了验证性、提高性、设计性、综合性实验和课程设计的需要,又为研究开发性实验和全国大学生电子设计竞赛提供了条件。

本书可作为电气类、电子信息类及其他相近专业本科生教材,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计/毕满清主编. —4版.  
—北京:机械工业出版社,2013.6  
普通高等教育“十五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-111-42872-5

I. ①电… II. ①毕… III. ①电子技术-实验-高等学校-教材②电子技术-课程设计-高等学校-教材  
IV. ①TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第127691号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)  
策划编辑:贡克勤 责任编辑:贡克勤 徐凡  
版式设计:常天培 责任校对:李锦莉  
封面设计:张静 责任印制:张楠  
北京京丰印刷厂印刷  
2013年6月第4版·第1次印刷  
184mm×260mm·23.25印张·637千字  
标准书号:ISBN 978-7-111-42872-5  
定价:42.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

## 第4版前言

本书是在普通高等教育“十五”国家级规划教材《电子技术实验与课程设计》(第3版)的基础上修订的。

电子技术的飞速发展,对大学生素质培养提出了越来越高的要求。在培养学生的实践能力和创新能力方面,电子技术实验和课程设计起着非常重要的作用。中北大学(原华北工学院)电子技术课程多年来十分重视电子技术基础学科建设、注重教学改革与研究、注重教师队伍培养和教材建设、注重实践教学和能力培养、注重教学与科研的有机结合、重视与专业课程以及基础课程的交流,电子技术基础课程被评为国家级精品课程,电工电子实验中心被评为国家级实验教学示范中心。

本书在总结第3版经验和保留原有特色的基础上,与国家精品课程和国家级实验教学示范中心建设相结合,经过教改和实践,以及有关院校使用情况和意见,对原书进行了以下几方面的修改。

(1) 模拟电子技术实验 在保证基础的前提下,减少分立元器件实验,加强集成电路实验,增加设计性实验题目的个数,并结合工程应用,去掉了原书的模拟可编程器件实验。

(2) 模拟电子技术 EDA 实验 突出了 EDA 软件在模拟电子技术验证性、提高性、设计性实验中的应用。

(3) 数字电子技术实验 在保留原有大部分实验的基础上,突出了与工程应用相结合。

(4) 数字电子技术 EDA 实验 突出了 EDA 软件在数字电子技术验证性、提高性、设计性实验中的应用,增加可编程器件 CPLD、FPGA 等实验的数量和内容。

(5) 电子技术综合性实验 在保留原有实验的基础上,加大模拟电子技术综合性实验的数量和内容,并与电子系统中前期信号处理电路相结合,加强工程应用,数字电子技术综合性实验的内容基本保留,加强了模拟电路和数字电路相结合的综合实验。

(6) 电子技术课程设计 在课程设计与设计性实验、综合性实验、系统设计与实验有机结合的基础上,加强了电路设计基础和系统设计方法。设计题目增加新内容,与工程应用相结合,并与学生课外科技创新活动、全国大学生电子设计竞赛相结合,题目新颖,有实用价值,题目要求除必做内容和选做内容外增加发挥的要求。为了便于学生入手,同时又有所创新,设计题目有的给出设计思路和框图,有的不给,让学生自己思考。

(7) 为了便于学生使用软件进行实验和课程设计;编写了模拟电路常用软件 Multisim 10 软件使用和数字电路常用软件 QuartusII 软件使用。

在实验手段和方法上与计算机紧密结合,硬件和软件并重;在仪器使用上,常规仪器和虚拟仪器相结合;在元器件的使用上尽量采用集成电路等新器件;在系统设计上硬件设计和软件设计相结合;在编写方法上做到层次分明,前者是后者的基础,后者是前者的提升。

关于图形符号、文字代号需说明的是:书中用到的软件截图不宜改动,因此本书作了如下处理,即软件中图形符号、文字代号均不变,文中涉及的文字代号其正、斜体及脚标等均贯彻国标。

参加本书修订的有:中北大学毕满清(第1章,第6章6.1、6.2节)、杨录(第6章6.3、6.4节和第7章)、张艳花(第9章)、杨凌(第8章及附录)、太原科技大学高文华(第2章,第4章)、兰州理工大学杨新华(第5章)、太原工业学院杨翠娥(第3章)。毕满清任主编,负责全书的组织、修改和定稿。

本书由教育部电子信息科学与工程专业教学指导分委员会委员、中北大学副校长、博士生导师、电子技术基础国家级精品课程负责人、电工电子国家级实验教学示范中心主任韩焱教授担任主审,他对书稿进行了非常认真细致的审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于作者的能力和水平有限,书中难免会有不妥之处和错误,恳请广大师生和本书读者提出批评和改进意见。

编者

2013年5月

## 第3版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材，该教材的第2版2002年获山西省教学成果一等奖。

在电子技术日新月异发展的形势下，按照高等学校电子技术基础课程教学基本要求，适应21世纪高等学校培养人才的战略，加强学生实践能力和创新能力的培养。本书在总结第2版经验的基础上，经过教改和实践，在编写内容和方法上进行了较大修改和更新，使之更符合电子信息时代的要求。

1. 实验分成验证性、提高性、设计性和综合性四个层次，在此基础上把EDA技术的应用贯穿到各个层次的实验中，既保证了硬件电路实验，又加强了EDA实验的内容，达到了硬件软件的有机结合，为学生进行研究开发性实验提供了条件，可选实验多达200个以上，以适应不同专业、不同学时、不同层次对学生实践能力和创新能力的培养。

2. 在内容上跟踪电子技术新器件、新技术发展的形势，引入了模拟可编程器件实验，加强了CPLD、FPGA等数字可编程器件实验，在实验手段上与计算机应用紧密结合。

3. 课程设计内容包括模拟电子系统设计、数字电子系统设计和综合电子系统设计，做到了常规电路设计与EDA技术相结合的设计方法。设计题目新颖，具有实用性。题目给出了设计思路、原理框图，有必做和选做内容。实现了课程设计与设计性综合性实验有机结合，既满足了课程设计的需要，又为学生进行课外科技活动及全国大学生电子设计竞赛奠定了基础。

4. 介绍了Multisim2001、PAC Designer软件、Max + plus II和VHDL语言，为进行电子技术实验和课程设计提供了软件平台。

参加本书修订工作的有：中北大学（原华北工学院）毕满清、杨录、张艳花、高志文，太原工业学院杨翠娥，太原科技大学高文华，兰州理工大学杨新华。毕满清撰写了第1章的硬件电路实验和第4章4.1、4.2节，杨录撰写了第4章4.3节、4.4节、4.5节、4.6节，杨翠娥撰写了第2章和第5章5.4节，杨新华撰写了第3章，高文华撰写了第1章的EDA实验和1.8节、1.10节、1.12节及第5章的5.2节，张艳花撰写了第5章5.1节，高志文撰写了第5章5.3节。毕满清任主编，负责全书的组织、修改和定稿。

本书由兰州理工大学何如聪教授担任主审。2004年在厦门召开了本教材第3版的审稿会，与会代表提出了宝贵意见，在此谨向各位专家和老师表示衷心的感谢。

在编写过程中，得到了中北大学各级领导、教务处、教材科、电子技术教



## 第2版前言

本书是原机械电子工业部高等学校电子技术基础课程协作组组织编写的电子技术基础系列教材之三。

本书自1995年10月出版以来,不少高等院校使用,广大师生普遍反映是一本比较适用的教材。随着电子技术的飞速发展,以及对大学生素质培养提出的要求,着重培养学生的实践能力和创新能力,电子技术实验和课程设计起着非常重要的作用。为了适应教学改革的需要,在总结经验的基础上对原书进行了以下几方面的修改。

一、每个实验在原书分为验证性、提高性、设计性三个层次的基础上增加了综合性实验和系统设计,以适应不同专业、不同学时、不同层次对学生实践能力和创新能力的培养。

二、内容比较新,引入了ISP、FPGA等可编程逻辑器件实验和EDA仿真实验,在实验手段上与计算机应用密切结合起来。

三、课程设计与设计性实验、综合性实验及系统设计有机地结合起来。课程设计题目新颖、实用性强,给出了设计思路、原理框图和主要参考元器件,便于学生使用。

参加本书修订的是:湖北汽车工业学院黄晓林(第1章1.1~1.7节),华北工学院分院杨翠娥(第2章、第4章4.3~4.4节及附录),甘肃工业大学郝晓弘(第3章),华北工学院毕满清(第1章1.8~1.12节,第4章4.1~4.2节)。毕满清任主编,负责全书的组织、修订和定稿。

本书的编写得到了全国高等学校电子技术研究会副理事长、原机械电子工业部高等学校电子技术基础课程协作组组长、华北工学院张建华教授的热情鼓励和具体指导;主审甘肃工业大学何如聪教授对本书的编写进行了指导,对书稿进行了逐字逐句非常认真的审查,写出了详细的书面修改意见,在此对他们表示衷心的感谢。

电子技术日新月异,教学改革任重道远,我们的能力有限,缺点和错误在所难免,恳请兄弟院校的老师 and 读者提出批评和改进意见。

编者

2000年5月



# 第1版前言

本书是在原机械电子工业部高等学校电子技术基础课程协作组组织领导下编写的。实验和课程设计都是电子技术基础课程中重要的实践性环节，对培养学生理论联系实际的能力起很重要的作用。本书编写的宗旨是：根据“教学基本要求”，结合目前各校实验和课程设计的实际需要，做到适应性强、便于学生阅读、有利于学生的能力培养和因材施教。本书具有下列特点：①除常用电子仪器的使用和元器件的特性、参数测试实验外，每个实验分成三个层次，第一个层次是验证性实验，其内容包括实验目的、实验电路、所用仪器设备、实验内容及步骤、思考题等；第二个层次是提高性实验，已知实验电路和实验内容及要求，让学生独立完成实验步骤及测试方法的拟定、实验仪器设备的选择等；第三个层次是设计性实验，提出实验题目、实验内容及要求，让学生独立完成电路设计、元器件的选择、电路的安装和调试、拟定实验步骤和测试方法等。这样做既体现了循序渐进，又有利于能力的培养和因材施教。实验中所用仪器设备均是通用的，便于各校根据实际情况进行选择，适应性强。②课程设计与实验编在一起，便于教师把实验和课程设计有机地结合起来。有些课程设计的内容可当做大型实验去做，安装调试方面的内容可以共享，设计性实验中的单元电路的设计，可作为课程设计参考，从而节省了篇幅，达到一举两得的目的，③为了满足设计性实验的需要，在某些设计性实验的后面，还介绍了单元电路的设计方法，供学生设计电路时参考。

本书由南京理工大学李元浩编写第1章1.1~1.5节，哈尔滨电工学院李国国编写第1章1.6~1.12节，西安理工大学杜忠编写第2章，华北工学院毕满清编写第3章和第4章，并任主编，负责全书的组织、修改和定稿。

国家教育委员会电子技术基础课程指导小组委员、原机械电子工业部高等学校电子技术基础课程协作组组长张建华教授，对本书的编写原则和编写方法进行了具体的指导，对书稿进行了逐字逐句非常认真负责的审查，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，加之编写时间仓促，缺点和错误在所难免，诚恳希望各兄弟院校的老师 and 读者提出批评和改进意见。

编者  
1995年5月

# 目 录

第4版前言	
第3版前言	
第2版前言	
第1版前言	
第1章 模拟电子技术实验	1
1.1 常用电子仪器的使用及半导体分立元件参数测试	1
1.1.1 常用电子仪器的使用	1
1.1.2 半导体分立元件参数测试	3
1.2 基本放大电路实验	5
1.2.1 验证性实验——晶体管共射放大电路	5
1.2.2 提高性实验——两级阻容耦合放大电路	7
1.2.3 设计性实验	7
1.3 差动放大电路实验	8
1.3.1 验证性实验——恒流源差动放大电路	8
1.3.2 提高性实验——恒流源差动放大电路	10
1.3.3 设计性实验	11
1.4 负反馈放大电路实验	12
1.4.1 验证性实验——电压串联负反馈电路	12
1.4.2 提高性实验——电压并联负反馈电路	14
1.4.3 设计性实验	14
1.5 比例、求和运算电路实验	15
1.5.1 验证性实验——比例运算电路	15
1.5.2 提高性实验——求和运算电路	17
1.5.3 设计性实验	18
1.5.4 比例运算电路的设计与调试	19
1.6 积分运算电路实验	24
1.6.1 验证性实验——基本积分电路运算关系的研究	24
1.6.2 提高性实验——积分电路的应用	26
1.6.3 设计性实验	27
1.6.4 积分器的设计与调试	27
1.7 有源滤波电路实验	31
1.7.1 验证性实验——低通滤波器的研究	31
1.7.2 提高性实验——带阻滤波器的研究	32
1.7.3 设计性实验	33
1.7.4 有源滤波器的设计与调试	33
1.8 模拟乘法器实验	36
1.8.1 验证性实验——静态传输特性的测试	36
1.8.2 提高性实验——乘法器的应用	39
1.8.3 设计性实验	40
1.8.4 集成模拟乘法器 BG314 外接电阻的确定	41
1.9 波形产生电路实验	42
1.9.1 验证性实验——集成运算放大器构成的 RC 桥式振荡器	42
1.9.2 提高性实验——集成运算放大器的非线性应用	43
1.9.3 设计性实验	44
1.9.4 波形产生电路的设计与调试	44
1.10 功率放大电路实验	47
1.10.1 验证性实验——分立元件“OTL”功率放大器的研究	47
1.10.2 提高性实验——集成功率放大器的应用	49
1.10.3 设计性实验	50
1.10.4 LA4100 集成功率放大器简介	51
1.11 直流稳压电源实验	52
1.11.1 验证性实验——串联型稳压电路	52
1.11.2 提高性实验——集成稳压	

电路的研究 .....	54	转换器实验 .....	108
1.11.3 设计性实验 .....	54	3.6.2 提高性实验——ADC0809	
<b>第2章 模拟电子技术 EDA</b>		转换器实验 .....	111
<b>实验</b> .....	56	3.6.3 设计性实验 .....	113
2.1 基本放大电路 EDA 实验 .....	56	3.7 555 定时器应用实验 .....	114
2.2 差动放大电路 EDA 实验 .....	60	3.7.1 验证性实验——555 定时器	
2.3 负反馈放大电路 EDA 实验 .....	63	应用之一 .....	114
2.4 运算电路 EDA 实验 .....	66	3.7.2 提高性实验——555 定时器	
2.5 积分运算电路 EDA 实验 .....	69	应用之二 .....	115
2.6 有源滤波电路 EDA 实验 .....	71	3.7.3 设计性实验 .....	116
2.7 模拟乘法器 EDA 实验 .....	75	<b>第4章 数字电子技术 EDA</b>	
2.8 波形产生电路 EDA 实验 .....	76	<b>实验</b> .....	118
2.9 功率放大电路 EDA 实验 .....	79	4.1 组合逻辑电路 EDA 实验 .....	118
2.10 直流稳压电源 EDA 实验 .....	81	4.2 时序逻辑电路 EDA 实验 .....	121
<b>第3章 数字电子技术实验</b>	84	4.3 逻辑电路 EDA 实验 .....	124
3.1 门电路实验 .....	84	4.4 大规模可编程逻辑电路 EDA	
3.1.1 TTL 门电路逻辑功能及参		实验 .....	126
数的测试 .....	84	4.4.1 验证性实验 .....	126
3.1.2 TTL 集电极开路 (OC)		4.4.2 提高性实验 .....	129
门和三态 (3S) 门逻辑		4.4.3 设计性实验 .....	133
功能的测试和应用 .....	87	<b>第5章 电子技术综合性实验</b>	136
3.1.3 CMOS 门电路实验 .....	89	5.1 概述 .....	136
3.2 组合逻辑电路实验 .....	89	5.1.1 电子系统 .....	136
3.2.1 验证性实验——编码器和		5.1.2 从单元电路到综合电子系统	
译码器的逻辑功能及其		应注意的问题 .....	137
应用 .....	89	5.2 模拟电子技术综合性实验 .....	151
3.2.2 提高性实验——数据选择		5.2.1 方波-三角波产生电路	
器、数值比较器及全加器		实验 .....	151
的功能测试及其应用 .....	92	5.2.2 模拟运算电路实验 .....	153
3.2.3 设计性实验 .....	94	5.2.3 压控振荡器实验 .....	155
3.3 触发器实验 .....	96	5.2.4 音频功率放大器实验 .....	157
3.4 时序逻辑电路实验 .....	99	5.3 数字电子技术综合性实验 .....	166
3.4.1 验证性实验——计数器实验 .....	99	5.3.1 8 路呼叫器实验 .....	166
3.4.2 提高性实验——移位寄存器		5.3.2 脉冲序列发生器实验 .....	168
实验 .....	101	5.3.3 篮球竞赛 30s 计时器实验 .....	170
3.4.3 设计性实验 .....	102	5.3.4 交通灯控制器实验 .....	173
3.5 逻辑电路实验 .....	103	5.3.5 简易抢答器实验 .....	176
3.5.1 验证性实验——顺序脉冲发		5.3.6 数字式简易温度控制器	
生器 .....	103	实验 .....	180
3.5.2 提高性实验——电子秒表 .....	105	5.4 电子技术综合性实验 .....	184
3.5.3 设计性实验 .....	106	5.4.1 数控增益放大器实验 .....	184
3.6 A/D 与 D/A 转换器实验 .....	108	5.4.2 简易温度监控系统实验 .....	186
3.6.1 验证性实验——DAC0832		5.4.3 数控电流源实验 .....	189

<b>第6章 电子技术课程设计基础</b> .....	193
<b>知识</b> .....	193
6.1 概述 .....	193
6.2 电子系统设计的基本方法和一般步骤 .....	193
6.2.1 电子系统设计的基本方法 .....	193
6.2.2 电子系统设计的一般步骤 .....	195
6.3 模拟电子系统设计 .....	208
6.3.1 模拟电子系统的设计过程 .....	208
6.3.2 设计过程中EDA技术的使用 .....	211
6.3.3 设计举例 .....	211
6.4 数字电子系统设计 .....	222
6.4.1 数字电子系统的设计过程 .....	222
6.4.2 EDA和VHDL语言的应用 .....	223
6.4.3 设计举例 .....	223
<b>第7章 电子系统设计举例及设计题目</b> .....	240
7.1 电子系统设计举例 .....	240
7.1.1 总体方案 .....	240
7.1.2 单元电路设计 .....	241
7.1.3 画总电路图 .....	245
7.2 课程设计题目 .....	246
7.2.1 测量放大器 .....	246
7.2.2 全集成电路高保真扩音机 .....	247
7.2.3 可编程函数发生器 .....	248
7.2.4 有源滤波系统 .....	249
7.2.5 集成运算放大器简易测试仪 .....	250
7.2.6 金属探测器 .....	251
7.2.7 开关型直流稳压电源 .....	251
7.2.8 音乐彩灯控制器 .....	252
7.2.9 有线对讲机 .....	253
7.2.10 数字温度计 .....	254
7.2.11 峰值检测系统 .....	254
7.2.12 数字电子秤 .....	255
7.2.13 简易数控直流电源 .....	256
7.2.14 晶体管 $\beta$ 值数字显示测试电路 .....	257
7.2.15 数字频率计 .....	258
7.2.16 带报警器的密码电子锁和门铃电路 .....	259
7.2.17 多路信号显示转换器 .....	260
7.2.18 光电计数器 .....	261
7.2.19 数字波形合成器 .....	262
7.2.20 数字存储示波器 .....	264
7.2.21 可编程字符显示器 .....	264
7.2.22 步进电动机控制器 .....	265
7.2.23 路灯控制器 .....	266
7.2.24 出租车自动计费器 .....	267
7.2.25 洗衣机控制器 .....	268
<b>第8章 Multisim10软件的使用</b> .....	271
8.1 Multisim10软件简介 .....	271
8.2 Multisim10的集成环境 .....	271
8.2.1 Multisim10基本界面 .....	271
8.2.2 菜单栏 .....	272
8.2.3 标准工具栏 .....	277
8.2.4 主工具栏 .....	277
8.2.5 元件工具栏 .....	278
8.2.6 仪表工具栏 .....	279
8.2.7 其他部分 .....	280
8.3 电路仿真过程 .....	280
8.3.1 编辑原理图 .....	280
8.3.2 分析与仿真 .....	293
8.4 常用虚拟仪器的使用 .....	295
8.4.1 数字万用表 .....	295
8.4.2 函数信号发生器 .....	296
8.4.3 瓦特表 .....	297
8.4.4 双通道示波器 .....	297
8.4.5 伯德图仪 .....	300
8.4.6 逻辑转换仪 .....	302
8.5 典型分析方法 .....	304
8.5.1 直流工作点分析 .....	304
8.5.2 交流分析 .....	308
8.5.3 瞬态分析 .....	310
<b>第9章 QuartusII软件的使用</b> .....	313
9.1 概述 .....	313
9.2 开发环境主界面介绍 .....	313
9.2.1 标题栏 .....	313
9.2.2 菜单栏 .....	313
9.2.3 工具栏 .....	317
9.2.4 资源管理窗口 .....	318
9.2.5 工作区 .....	318
9.2.6 状态显示窗口 .....	318
9.2.7 信息提示窗口 .....	318
9.3 设计流程 .....	318
9.4 设计举例 .....	319



# 第1章 模拟电子技术实验

## 1.1 常用电子仪器的使用及半导体分立元件参数测试

### 1.1.1 常用电子仪器的使用

#### 1. 实验目的

通过实验,学会常用电子仪器的操作和使用;初步掌握用示波器测量交流电压的幅值、频率等有关参数的方法。

#### 2. 实验仪器

①数字示波器

1台

②信号发生器

1台

③直流稳压电源

1台

④交流毫伏表

1台

⑤数字万用表

1块

⑥实验箱

1台

#### 3. 实验原理

电子仪器仪表是电子技术实验的基本工具。离开它们是无法工作的,所以我们要熟练了解并掌握它们。

常用的电子仪器仪表主要分两大类:

(1) 测量仪器 它只有输入端口,输入被测电路的电参量。例如,万用表、示波器、毫伏表。

(2) 激励源仪器 它只有输出端口,输出被测电路需要的电参量。例如,信号发生器、直流电源。

在电子技术实验里,测试和定量分析电路的静态和动态的工作状况时,最常用的电子仪器有:示波器、信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、数字式(或指针式)万用表等,如图1-1所示。

(1) 直流稳压电源 为电路提供能源,如实验箱上的直流电源。

(2) 信号发生器 为电路提供各种频率和幅度的输入信号。信号发生器按需要输出正弦波、方波、三角波三种信号波形。通过面板上的选择按键,可使输出电压在毫伏级到伏级。信号发生器的输出信号频率同样可以通过面板上的选择按键调节。信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

(3) 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

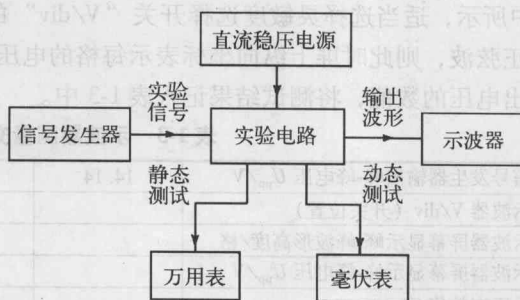


图1-1 电子技术实验中测量仪器连接图

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，测量前一般先把量程开关置于量程较大位置上，然后在测量中逐档减小到适合量程。

(4) 数字式万用表 用于测量电路的静态工作点和直流信号值，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、测量电阻的阻值及测试二极管、晶体管的性能及参数值。

(5) 示波器 电子示波器分为模拟示波器和数字示波器，是一种常用的电子测量仪器，它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度、频率、周期、相位、脉冲宽度、上升和下降时间等参数。数字示波器是数据采集，A/D 转换，软件编程等一系列的技术制造出来的高性能示波器。

数字示波器一般支持多级菜单，能提供给用户多种选择，多种分析功能。相对于模拟示波器，这种类型的示波器可以方便地实现对模拟信号波形进行长期存储并能利用机内微处理器系统对存储的信号做进一步的处理，例如对被测波形的频率、幅值、前后沿时间、平均值等参数的自动测量以及多种复杂的处理。应根据实验要求合理选择示波器。

#### 4. 实验内容及步骤

##### (1) 稳压电源的使用

①接通电源开关，调旋钮使电源分别输出 +6V、+9V 和 +15V，用数字式（或指针式）万用表“DCV”档测量输出的电压值。

②分别使稳压电源输出  $\pm 12V$ ，重复上面过程。将测量值记入表 1-1 中。

表 1-1 用万用表测量稳压电源的输出电压

稳压电源的输出电压/V	+6	+15	+9	+12	-12
数字（或指针）式万用表					

(2) 信号发生器输出 1kHz、信号发生器输出峰-峰值及毫伏表的测量值，记入表 1-2 中。

表 1-2 信号发生器输出 1kHz、信号发生器输出电压峰-峰值及毫伏表的测量值

信号发生器的输出值 $U_{pp}/V$	14.14	4.47	1.41	0.47	0.14
毫伏表测量电压有效值/V					

##### (3) 示波器的使用

1) 正弦交流信号电压幅值的测量 使信号发生器输出信号频率为 1kHz、电压峰-峰值如表 1-3 中所示，适当选择灵敏度选择开关“V/div”的位置，调节示波器使屏上能观察到完整、稳定的正弦波，则此时屏上纵向坐标表示每格的电压伏特数，根据被测波形在纵向高度所占格数便可读出电压的数值，将测试结果记入表 1-3 中。

表 1-3 示波器测量交流信号电压实验数据

信号发生器输出峰-峰电压 $U_{pp}/V$	14.14	4.47	1.41	0.47	0.14
示波器 V/div (开关位置)					
示波器屏幕显示峰-峰波形高度/格					
示波器屏幕显示峰-峰电压 $U_{pp}/V$					
电压有效值/V					

注：若使用 10:1 探头电缆时，应将探头本身的衰减量考虑进去。

##### 2) 交流信号频率的测量

①方法一：“t/div”的刻度值表示屏幕横向坐标每格所表示的时间值。根据被检测信号波形在横向所占的格数直接读出信号的周期；若要测量频率只需将被测的周期求倒数即为频率值。按表 1-4 所示频率由信号发生器输出信号，用示波器测出其周期，然后计算频率，并将所测结果与已知频率比较。

表 1-4 示波器测量交流信号频率实验数据

信号发生器输出信号频率/kHz	1	5	10	100	1000
示波器扫描频率开关位置 $t/\text{div}$					
显示屏中一个信号周期占有水平格数					
信号频率 $f=1/T$					

②方法二：利用李沙育图形来测定信号的频率的原理：在示波器的 CH1 通道加上一正弦波，在示波器的 CH2 通道加上另一正弦波，则当两正弦波信号的频率比值为简单整数比时，在荧光屏上将得到李沙育图形，如图 1-2 所示。这些李沙育图形是两个相互垂直的简谐振动合成的结果，它们满足  $f_y:f_x = n_x:n_y$ ，其中， $f_x$  代表 CH1 通道上正弦波信号的频率， $f_y$  代表 CH2 通道上正弦波信号的频率， $n_x$  代表李沙育图形与假想水平线的切点数目， $n_y$  代表李沙育图形与假想垂直线的切点数目。

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{n_x}{n_y} = \frac{2}{1} \quad \frac{f_y}{f_x} = \frac{n_x}{n_y} = \frac{4}{3}$$

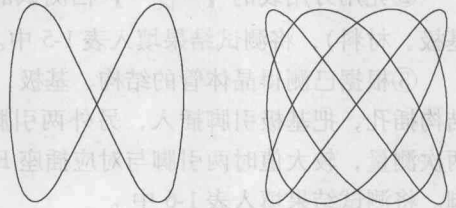


图 1-2 示波器的李沙育图形测量频率原理

利用李沙育图形来测定信号的频率的方法，将信号发生器（II）作为未知频率  $f_y$  的信号，从示波器“CH1”输入端输入，信号发生器（I）作为已知频率  $f_x$  的信号，从示波器“CH2”输入端输入，这时“CH1”“CH2”应置于 XY 模式。调节信号发生器（I）的频率  $f_x$ 。当  $f_y$  与  $f_x$  之间成一定倍数关系时，屏幕上就能显示李沙育图形，由该图形及  $f_x$  的读数即可定出被测信号的频率  $f_y$ 。由李沙育图形确定未知频率的方法是：在图形上画一条水平线和一条垂直线，若它们与图形的切点数目分别为， $n_x=2$ ， $f_y=2$ ， $f_x=2\text{kHz}$ ，则被测信号频率为： $f_y = \frac{n_x}{n_y} f_x = \frac{2}{2} \times 2\text{kHz} = 2\text{kHz}$ ，为了便于读数，通常取  $n_x/n_y$  成简单的倍数，如取 1、2、3、4 等值。

## 5. 思考题

①数字示波器和模拟示波器各有什么优缺点？

②使用数字示波器或模拟示波器时要达到如下要求，应如何调节？

a. 观察波形，同时测试正弦信号的多种参数；b. 波形稳定；c. 移动波形位置；d. 改变波形个数；e. 改变波形的高度；f. 同时观察两路波形。

③用示波器测量信号的频率与幅值时，如何保证测量精度。

### 1.1.2 半导体分立元件参数测试

#### 1. 实验目的

学会使用万用表，学会测试二极管、晶体管的参数并认识它们的引脚，同时了解电阻元件为后续实验做准备。

#### 2. 实验仪器

①数字万用表

②模拟电路实验箱

#### 3. 实验内容及步骤

(1) 实验内容 测试晶体管、二极管的性能及参数值，认识色环电阻并学会读和使用万用表测试电阻。熟悉实验板结构。

(2) 实验步骤




## 1) 二极管的测量步骤

①选择万用表的【】档测试。

②测试笔接法及读数:红色表笔接二极管的正极,黑色表笔接负极时,若二极管是好的,表上显示值是二极管的正向直流压降,锗管 0.2~0.3V,硅管 0.6~0.7V。若红表笔接二极管的负极,黑表笔接二极管的正极,万用表表头上显示的是“1.”时表明二极管反向截止。将测试结果填入表 1-5 中。

## 2) 万用表检测晶体管的方法

①根据外观和型号判断极性。

②先用万用表的【】档测试晶体管两个 PN 结,并可测得 3 个参数(晶体管的结构、基极、材料),将测试结果填入表 1-5 中。

③根据已测得晶体管的结构、基极,调节万用表旋钮到【 $h_{FE}$ 】档,选择对应  $h_{FE}$  测试插座的结构插孔,把基极引脚插入,另外两引脚分别插入 E 和 C 插孔读数,然后两引脚对调再读数,两次测量,较大值时两引脚与对应插座 E 和 C 是相符的。测得晶体管的  $\beta$  值和确定 E、B、C 引脚。将测试结果填入表 1-6 中。

## 3) 电阻的标注及测量

①电阻的标注:对于额定功率在 2W 以下的小电阻,不标注功率和材料,只标注标称阻值和精度。色码标注的电阻器表面有不同颜色的色带,每一种颜色对应一个数字,色带位置的不同,所表示的意义也不相同,它可以分别表示有效数字、乘数和允许误差。一般常用四环和五环的色码电阻器。各种色带所代表的意义见表 1-7。

②用万用表测电阻:将测试结果填入表 1-8 中,用万用表测出电阻的阻值与标称值比较,并计算误差。

误差 = (测量值 - 标称值) ÷ 标称值 × 100%

## 4) 熟悉模拟电路实验箱 了解用途和结构。

## 4. 实验测试表格

表 1-5 用万用表测试 PN 结的参数(硅材料)


器件	正向结电压	管材料	晶体管的结构	晶体管引脚图(标示基极引脚)
二极管				
晶体管				

表 1-6 用万用表测晶体管  $h_{FE}$  参数

晶体管	最大 $\beta$ 值	最小 $\beta$ 值	标示出晶体管全部引脚

表 1-7 各种色带所代表的意义

颜色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银
有效数值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
$10^n$ (倍率)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
误差 $\pm n\%$	1	2			0.5	0.6	0.1				5	10

表 1-8 用万用表测量电阻值

电阻色环排列示意	色环标称值	测量值	电阻误差 (%)