

国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材配套教材
全国高等学校配套教材
供医学影像学专业用

医学电子学基础 实验



主 审 鲁 雯 郭明霞
主 编 王晨光 周英君
副主编 陈建方 宋 莉



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材配套教材

全国高等学校配套教材

供医学影像学专业用

医学电子学基础 实验

主 审 鲁 雯 郭明霞

主 编 王晨光 周英君

副主编 陈建方 宋 莉

编 者 (以姓氏笔画为序)

王晨光 (哈尔滨医科大学)

冯 健 (锦州医科大学)

朱永涛 (新乡医学院)

李 宁 (北华大学)

杨海波 (河北医科大学)

宋 莉 (泰山医学院)

张 宇 (哈尔滨医科大学)

陆改玲 (包头医学院)

陈建方 (蚌埠医学院)

陈洪斌 (吉林医药学院)

周英君 (牡丹江医学院)

庞学明 (天津医科大学)

袁小燕 (长治医学院)

曹志峰 (福建医科大学)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学电子学基础实验/王晨光,周英君主编.—北京:人民卫生出版社,2017

(临床诊断影像系列)

本科医学影像学专业第四轮规划教材配套教材

ISBN 978-7-117-25447-2

I. ①医… II. ①王… ②周… III. ①医用电子学-实验-医学院校-教学参考资料 IV. ①R312-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第264357号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

医学电子学基础实验

主 编:王晨光 周英君

出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址:北京市朝阳区潘家园南里19号

邮 编:100021

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线:010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷:北京机工印刷厂

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:12

字 数:285千字

版 次:2017年12月第1版 2017年12月第1版第1次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-25447-2/R·25448

定 价:25.00元

打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

前言

根据全国高等学校医学影像学专业第四轮规划教材修订意见,在编写《医学电子学基础》第4版后,随即启动了国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材配套教材《医学电子学基础实验》编写工作。这也填补了本部理论教材一直以来没有配套实验教材的空白。

首版《医学电子学基础实验》是在总结1~4版《医学电子学基础》理论教材编写和使用过程中的宝贵经验基础上,注意侧重将基本理论和基本技能有效衔接,力求打造出一本系统、科学且可广泛适用于医学影像专业类实验教学的新型实验教材。本教材在原有理论教材编写成员的基础上适当调整并扩充了编者队伍,增大了院校覆盖面,以便最大限度地满足各类开设“医学电子学实验”的院校实验教学之用。教材选取编录了27个实验题目,共30项实验,并将其分为电路基础、模拟电路、数字电路和综合应用等四大部分。“绪论”内容涉及电子学实验的教学目的、基本要求和注意事项等;“实验一”中集中介绍了常用电子仪器和电子元器件的使用;“附录”中编录了常用电子元器件手册和焊接基础知识及操作规程等内容。每个具体实验项目包括“实验目的”“实验器材”“实验原理”“实验步骤”“注意事项”和“思考题”等常规内容,其阐述规范、完整,完全可以脱离理论教材而独立使用。实验内容尽可能规避所涉及的特定实验设备及其具体使用说明,其中给出的实验电路和元件参数仅做参考,使用时可根据实验室的具体实际情况进行适当调整。尽管目前在各院校开设的同一实验题目中,其实验方法、实验设备和实验内容不尽统一,本教材以其广泛的适用性可以满足各种条件下的实验教学使用。

参加本版教材编写的院校有:哈尔滨医科大学、牡丹江医学院、蚌埠医学院、泰山医学院、天津医科大学、福建医科大学、河北医科大学、新乡医学院、北华大学、包头医学院、长治医学院、锦州医科大学、吉林医药学院等13所院校。

本教材在编写过程中得到了人民卫生出版社以及各位编者所在学校的大力支持,全书内容由鲁雯和郭明霞两位教授最终统一审稿,在此一并表示衷心感谢!

本书作为第1版教材,错误和不妥之处在所难免,恳请广大师生批评指正,使之得以不断完善。

王晨光

2017年10月

目录

绪论

1

一、实验教学目的	1
二、实验教学要求	2
三、实验注意事项	4

第一部分 电路基础

5

实验一 常用电子仪器和电子元器件的使用	5
实验二 电路的基本原理	11
一、基尔霍夫定律	11
二、电压源与电流源	13
三、叠加原理和戴维南定理	16
实验三 RC 电路测试	20
实验四 RLC 串联谐振电路	24
实验五 变压器	27

第二部分 模拟电路

32

实验六 单管放大电路	32
实验七 负反馈放大电路	40
实验八 射极输出器	44
实验九 差动放大器	48
实验十 集成运算放大器	52
实验十一 功率放大电路	57
实验十二 有源滤波电路	61
实验十三 RC 正弦波振荡器	65
实验十四 直流稳压电源	69
一、整流滤波电路	69
二、稳压电路(分立和集成)	75

第三部分 数字电路**82**

实验十五	门电路逻辑功能测试	82
实验十六	二进制译码器与数据选择器	86
实验十七	全加器	92
实验十八	触发器逻辑功能测试	96
实验十九	寄存器	104
实验二十	计数器	109

第四部分 综合应用**116**

实验二十一	RC 充放电的应用	116
实验二十二	多级放大器	120
实验二十三	运算放大器的应用——自动剂量控制电路	124
实验二十四	组合逻辑电路应用设计——病房呼叫系统	127
实验二十五	组合逻辑电路设计应用	131
实验二十六	A/D、D/A 转换器应用	134
实验二十七	555 定时器及其应用——救护车警笛电路	140

附录 1 常用电子元器件手册**148****附录 2 焊接基础知识及操作规程****178**

绪论

《中国医学教育改革和发展纲要》中明确提出了对教材的“三基”(基础理论、基本知识和基本技能)与“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)的要求。教材中的“三基”“五性”落实在课程教学中就是要求学生掌握基础理论、基本知识、基本技能。“三基”中的“基本技能”如何实现?实验教学是重要的手段之一。《医学电子学基础实验》是与主教材《医学电子学基础》理论教材配套的辅助教材,是为提高“基本技能”而编写的一套实验教材。一方面,从电子学的发展历程来,电子学本身就是一门实践性非常强的学科,其中很多重要的电路定理、电子线路、电子器件都是来自人类的生产、生活实践总结。另一方面,对医学工作者来说,正确使用医学电子仪器也是必备技能之一,目前在医院中存在着大量高精尖的电子仪器,如计算机断层成像(CT)设备、磁共振成像(MRI)装置、心电图(ECG)测量仪、脑电波(EEG)测量仪等,这些仪器设备的使用都离不开训练有素的操作人员。就整个医学类相关专业的课程设置来看,在与医学仪器有关的专业课程中,《医学电子学基础》是其中重要的一门课程。因此,为了达到专业教学目标,紧密结合医学需要,在整个课程教学中开设实验就显得尤为必要。学生通过实验训练,一方面可以加深对理论教学中的基础理论、基本知识的理解,另一方面可以提高自己的基本技能,进一步还可提高分析问题、解决问题的能力。

一、实验教学目标

通过实验教学巩固加深理解《医学电子学基础》课程的基础理论、基本知识,培养用理论知识分析和解决实际问题的能力。一般来说,基本技能通过理论教学是无法获得的,只有通过实验操作方可获得这方面的能力。更为重要的是,通过实验课的训练,学生可以掌握以下几方面的基本技能,并培养严谨的工作作风。

(一) 正确使用电子仪器设备的能力

电子学实验室有各类电子仪器与仪表,供同学们使用。通过老师的示教、自己阅读仪器使用说明书以及规范的操作训练,使同学们养成良好的电子仪器使用习惯,这些规范的操作将使同学们终身受益,尽管同学们将来在实际工作中可能不操作使用该类仪器,但是培养“规范操作”意识是最重要的。

(二) 设计实验方案的能力

根据实验任务确定实验方案、设计实验电路和选择所需仪器设备,并能独立安装、调试电路,分析并排除故障,最终完成实验。在这套实验教材中,安排了许多设计性实验项目,这些项目一般都来自医学仪器中的典型电路,能够紧密结合实际医学应用,是老师们多年实践教学经验的结晶,具有一定的代表性。通过这些项目训练,使同学们不仅了解了医学仪器的工作原理,验证了有关实验方法,观察到了有关实验数据,解决了实际中的一

些问题,更为重要的是学到一种解决实际问题的方案与思路,为同学们将来的工作实践打下较好的基础。

(三) 实验数据分析处理的能力

电子技术实验中许多实验项目都要有大量的实验数据需要读取、处理与分析。要求同学们能正确读取实验数据,测绘出波形曲线,并能对实验数据加以检查判断、分析处理,最终书写完成实验报告。这一系列规范的训练,牵涉到多学科知识的综合运用,更是一项科研项目实践的预演。

(四) 培养严肃认真和团结合作的工作作风

一般来说,电子技术的实验过程都比较复杂,其中一个小小的疏忽,就可能达不到理想的实验结果,也可能观察不到预期的实验现象。如单级放大器的静态工作点调试、差分放大电路中零点飘移的调整等。若一个实验小组有二位以上同学组成,可以在操作上互相协作,还可以就实验方案、实验方法与实验结果等进行讨论。在整个实验过程中,通过不断的强化训练与协作讨论,使同学们形成良好的实验习惯和严谨的工作作风,为以后的学习和工作打下良好的基础。

二、实验教学要求

实验课一般分课前预习、课内实验和课后实验报告三个阶段,三个阶段相辅相成,缺一不可,形成有机整体。完成每一个实验项目的全部环节都相当于一次系统的科学实践。

(一) 课前预习

要求学生每次实验前,详细阅读实验指导书,明确本次的实验目的与任务、实验理论与方法,明确实验内容与实验仪器设备的使用。在此基础上,写出实验预习报告与测量数据记录单,预习应包括以下几方面内容。

1. 明确实验目的和实验内容 复习理论课学习中与实验有关的内容,熟悉与本次实验相关的理论知识。

2. 熟悉实验所用设备 对实验中要使用的实验装置、测试仪器等提前进行预习,初步了解其工作原理及使用方法。

3. 写出实验预习报告 其中应包括实验的详细接线图、实验步骤、实验数据的记录表格及画波形图的坐标轴等。对设计性实验还要求完成电路方案的设计和参数的计算,有的甚至还要提前进行仿真分析等。

4. 教师审阅 实验预习报告在实验前由指导教师审阅,审阅通过后方可参加本次实验。

(二) 课内实验

课内实验是课前预习的进一步延伸,是对教材内容的具体化。良好的实验方案和正确的操作程序是课内实验顺利进行的保证,因此,实验时要求同学们做到以下几方面。

1. 重视实验前教师的讲解 实验课开始时要认真听取指导教师对实验的介绍,这是顺利完成实验的重要环节之一,尤其要注重老师对实验目的、原理、方案的讲解。

2. 重视实验前仪器设备的准备 入座后,应事先检查仪器、设备是否齐全和完好,如发现有问題应立即报告指导教师。接线前应熟悉实验设备、仪器和仪表,了解它们的性能、额定值和使用方法。

3. 选择正确的电路连接方法 根据实验电路的结构特点,采用合理的接线步骤。虽然教材中已经给出了总的实验步骤,但是由于各个实验室的仪器设备与所用实验电子电工平台并不一致,详细的电路连接步骤并没有给出,这就需要同学们根据实际采用的电子电工平台来连接电路。一般步骤是:①读懂电路图;②对照电路图认清元器件实物;③把电路模块化,如输入电路、输出电路、电源电路、三极管偏置电路、反馈电路等;④连接电路,先连接主电路与核心电路,后连接辅助电路以避免遗漏和重复;⑤接线完毕,要养成自查、互查的习惯,确保电路连接正确。

4. 实验数据的预测量 电路接通后,不要急于测量全部数据。首先应将实验过程完整操作一遍,观察全部实验现象以及各仪表的读数变化范围,若不正常或超出实验预期,应分析可能存在的问题,提出改进措施或直接排除实验电路故障。如一切正常或问题解决后,有选择地读取几组数据。

5. 准确测量实验数据 测量某一组数据时,应尽可能在同一时刻读取各仪表的读数,以免由于其中某一数据可能发生变化而引起误差。如单级放大电路中输入输出波形的测量,整流滤波电路中的输入交流电压与脉动输出电压测量等。如果需要绘制曲线,则至少需要读取3组以上数据,而且在曲线的弯曲部分应多读几组数据,这样得出的曲线就比较平滑准确。

6. 指导教师检查确认 测得的数据自审无误后,送交指导教师检查,老师确认后才可以拆掉电路。以免因为数据错误还需重新接线,浪费不必要的时间。

7. 实验室归整处理 实验结束后,做好仪器设备和导线的整理以及环境的清洁工作,才可以离开实验室。

(三) 实验报告

实验报告是对实验工作的全面总结,要用书面的形式将实验结果完整和真实地表达出来。报告要求文理通顺、简明扼要、字迹端正、图表清晰、结论正确、分析合理。实验报告一般要包括以下几方面内容。

1. 实验目的 简要说明本次实验的目的,是对整个实验项目的高度总结,一般应逐条列出。

2. 实验器材 列出实验所用到的主要仪器、器材及耗材等。一般需注明仪器型号、器材规格和数量等。如,* * *型号数字示波器一台,10K电阻十只,2SC9013三极管两只等。

3. 实验原理

(1) 实验的理论依据:简要叙述实验项目所依据的基础理论、基本知识,通过对实验原理的理解,可以初步估算实验有什么样的结果。反过来我们也可以在实验结束后,用实验现象及实验数据来进一步加深对理论知识的理解,这也正是我们做实验的重要目的之一。

(2) 实验电路的工作原理:这是实验能否完成的关键部分。在实验过程中,所有实验现象的观察、实验数据的测量以及电路故障的排除都离不开对电路工作原理的正确理解。

4. 实验步骤

(1) 连接电路步骤:必须严格按照实验电路原理图连接电路。

(2) 实验现象观察步骤:对实验中实验现象要逐个观察记录。

(3) 实验测量数据步骤:对实验中实验数据要逐个测量记录。

5. 数据处理

(1) 将测量的原始数据和计算后的结果填在实验数据表格中。

(2) 按照实验要求将波形或曲线画在坐标纸上。

(3) 写出观察到的实验现象,运用掌握的理论知识对实验结果进行分析和说明。例如:对波形图进行分析并得出结论、对实验数据进行分析并得出结论、将测量结果与理论值比较是否相符,算出相对误差等。

6. 实验总结 对本实验有什么认识、体会、收获,掌握了哪些实验技能,回答实验教材和指导教师提出的问题。

三、实验注意事项

电子学实验室仪器设备种类繁多,电路高低压、交直流并存,电路接线错综复杂。因此在实验过程中,一定要规范操作。为保证实验能够正常、顺利进行,应特别注意以下事项:

1. 核查器材 检查使用的仪器设备是否齐全、完好,是否能满足实验要求,有的实验所用到的仪器设备与器材较多,实验前更需要逐一仔细核对。

2. 熟悉实验电路 在熟悉实验原理的基础上,进一步熟悉实验用的电路板。实验前应核对连线是否正确,有没有断线,电路板有没有开焊或器件损坏情况。熟悉元器件的安装位置,以便实验时能迅速找到测试点,及时排除可能出现的实验故障。

3. 断电操作 在所有电子学实验操作中,例如在插入实验挂板、更换器件和连接电路时,一定要关掉电源,禁止带电操作。直到需要观察实验现象,测量和读取数据时方能接通电源。

4. 异常处理 实验过程中,要密切关注各类仪表的读数,发生异常读数时要立刻切断电源。此外,实验时还可能出现异味、器件过热、高压放电异响等危险情况,也应立即断电停止实验,并及时报告指导教师。排除故障查明原因后,方可继续实验。

5. 用电安全处理 在对交流 220V 市电进行操作时,要注意用电安全,尤其是人身安全。实际上不仅是对高压电操作时要注意安全,做低压电路实验也要做好用电安全工作。如手持万用电表表笔测量时,禁止触碰表笔金属导电部分及被测电路等。养成良好的安全意识才是最重要的。

(陈建方)

第一部分 电路基础

实验一 常用电子仪器和电子元器件的使用

实验目的

1. 掌握示波器、信号发生器及交流毫伏表等仪器的使用方法及其基本工作原理。
2. 掌握常用电子仪器的一般测量方法和步骤,并能够正确使用仪器。
3. 熟悉常用电子元器件的检测方法。

实验器材

示波器、信号发生器、交流毫伏表、直流稳压电源、万用电表、模拟电子实验箱、电阻、电容、二极管、三极管。

实验原理

在模拟电子电路实验中,经常使用的电子仪器有示波器、信号发生器、数字万用表、交流毫伏表、直流稳压电源等,这些仪器的综合使用,可以完成对模拟电子电路的静态和动态工作情况的测试。按照信号流向,以连线简捷、调节顺手、观察与读数方便等原则进行合理布局,各仪器与被测实验装置之间的连接示意图如图 1-1 所示。

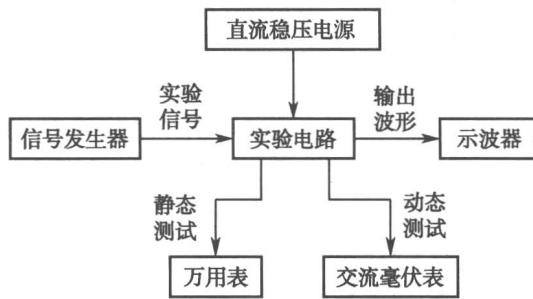


图 1-1 模拟电子技术实验中测量仪器连接示意图

接线时为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称为共地。信号源、交流毫伏表和示波器接线通常用屏蔽线或专用电缆线,直流电源的接线用普通导线。

(一) 常用电子仪器

1. 双踪示波器

(1) 工作原理:示波器是电子测量中一种最常用的仪器。它可以将人们无法直接看到的电信号的变化过程转化成可用肉眼直接观察的波形,显示在示波器的荧光屏上,供人

们观察和分析。示波器具有输入阻抗高、频率响应好、灵敏度高等优点。利用示波器除了能对电信号进行定性的观察外,还可以用它来进行一些定量的测量。例如,可以用它进行电压、电流、频率、周期、相位差、脉冲宽度等的测量,若配上传感器,还可以对温度、压力、声、光、热等非电量进行测量。因此,示波器是一种用途极为广泛的电子测量仪器。双踪示波器是指可以在一个示波管荧光屏上同时显示两个信号波形,用来比较被测系统的输入和输出信号、研究波形变换器的各级信号、观察脉冲电路各点波形及信号通过网络时的波形畸变、测量波形的相位移等。也可以任意选择通道独立工作,进行单踪显示。还可以两信号叠加后显示。

(2) 使用方法及注意事项:①测试前,应首先估算被测信号的幅度大小,若无法估算,应将示波器的 V/div 选择开关置于最大挡位,避免因电压过高而损坏示波器。②大部分示波器都设有扩展挡位和旋钮,定量测量时一定要检查这些旋钮所处的状态,否则会引起读数错误。③在使用示波器直流输入方式时,先将示波器输入端接地,确定好示波器的零基线,才能方便地测量被测信号的直流电压。④示波器工作时,周围不要放置大功率的变压器,否则,测量的波形会有重影和噪波干扰。⑤示波器可作为高内阻的电压表使用,当被测电路中有一些高内阻电路时,若用普通万用表测电压,由于万用表内阻低,测量结果会不准确,同时还可能会影响被测电路的正常工作,而示波器的输入阻抗比万用表高得多,其测量结果不仅较准确,而且还不会影响被测电路的正常工作。

2. 信号发生器

(1) 工作原理:信号发生器是一种精密的测试仪器,具有连续信号、扫频信号、函数信号、脉冲信号等多种输出信号和外部测频功能。输出信号电压幅度可由输出幅度调节旋钮进行连续调节。输出信号电压频率可以通过频率分挡开关进行调节,并由频率计读取频率值。信号发生器在电路实验和设备检测中具有十分广泛的用途。例如在通信、广播、电视系统中都需要射频(高频)发射,这里的射频波就是载波,把音频(低频)、视频信号或脉冲信号运载出去,就需要能够产生高频的振荡器。在工业、农业、生物医学等领域内,如高频感应加热、超声诊断、核磁共振成像等,都需要功率或大或小、频率或高或低的振荡器。电子实验所用信号发生器能产生某些特定的周期性时间函数波形(正弦波、方波、三角波、锯齿波和脉冲波等)信号,频率范围可从几微赫到几十兆赫。

(2) 使用方法:①接上电源线,打开电源,仪器进入工作状态。信号发生器长时间不操作时,屏幕自动关闭,但工作状态不改变,按电源开关外的其他按键将唤醒显示屏。②关闭任何功能键(功能键起作用时其背景灯亮起,再次按下则关闭),产生常见波形时操作此项。③通过 $CH1/CH2$,按钮选择通道,设定每通道的参数及观察、比较波形。④通过“View”按钮切换 3 种界面显示模式:单通道常规模式、单通道图形模式及双通道常规模式。⑤选择需要输出的波形:正弦波、方波、三角波、脉冲、白噪声、用户编辑波形。⑥通过菜单按键、数字按键、旋钮等设置波形参数。⑦选择波形输出通道:使用“Output”按钮,启用或禁止前面板的输出连接器输出信号。已按下“Output”键的通道显示“ON”且键灯被点亮。在频率计模式下,CH2 对应的“Output”连接器作为频率计的信号输入端,CH2 自动关闭,禁止输出。⑧可用示波器观察输出信号的波形,设置实验所需波形。

(3) 注意事项:①仪器需预热 10 分钟后方可使用。②把仪器接入电源之前,应检查电源电压值和频率是否符合仪器要求。③对信号输出端口,同步信号输出端口,压控振荡

输入端口,不允许输入大于 10V(DC 或 AC)的电压,否则会损坏仪器。④信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

3. 直流稳压电源

(1) 工作原理:直流稳压电源是指能为负载提供稳定电源的电子装置。直流稳压电源的供电电源大都是交流电源。交流电源一般经降压、整流、滤波及稳压后可输出稳定的直流电压。当交流电源的电压或负载电阻变化时,直流稳压电源的电压仍会保持稳定。实际应用中,电子实验室一般提供有 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 稳压电源及可调输出稳压电源。

(2) 注意事项:①直流稳压电源都有一定的功率限制,应禁止超负载使用。②直流稳压电源使用时,应禁止负载短路。③直流稳压电源一般都有限流保护装置,使用时若出现保险丝熔断,在查明原因后换同规格保险丝。④电源输出多路电压为负载供电时,所有电源的“负”端就是电源的公共端。

4. 万用电表 万用电表是一种常用的电子测量仪表,可测量多种电量,虽然准确度不高,但是使用简单,携带方便,特别适用于检查电路和修理电气设备。万用电表有磁电式与数字式两种,磁电式万用电表由微安表、若干分流器与倍压器、二极管及转换开关等组成,可以用来测量直流电流、直流电压和电阻等。数字式万用电表是一种操作方便、读数精确、功能齐全的新型万用电表,其最显著的特点是能将读数直接通过液晶屏幕显示出来。用它可以测量电流、电压、电阻、电解电容、二极管正向压降、半导体三极管参数等。

使用方法及注意事项:①数字万用表红表笔对应万用表内部电池正极,黑表笔对应万用表内部电池负极;而磁电式万用电表表笔则是红表笔接内部电池的负极,黑表笔接内部电池的正极。②如果无法预先估计被测电压或电流的大小,则应先拨至最高量程挡测量一次,再视情况逐渐把量程减小到合适位置,确保测量精度最高。③如果所选择的量程挡太低,测量值超量程,数字万用表显示“1”表示过载,也有的显示“OL”;而磁电式万用表则会表头满偏,有可能损坏仪表。④测量电压时,应将万用电表与被测电路并联,而测电流时应与被测电路串联。⑤数字万用表测直流量时不必考虑正、负极性,但磁电式万用表必须考虑正、负极性。⑥在线测量电路通断性、二极管或电解电容以前,必须先切断电源,并将所有的高压电容放电。⑦禁止在测量高电压(220V)或大电流(0.5A 以上)时换量程,以防止产生电弧,烧毁开关触点。⑧数字万用读数直接由 LCD 显示器上读数,单位视所选择的量程而定,而磁电式读数则必须考虑倍率。⑨测量完毕,应将量程(功能)开关拨到最高电压挡,并关闭电源。

5. 交流毫伏表

(1) 工作原理:交流毫伏表由输入保护电路、前置放大器、衰减控制器、放大器、表头指示放大电路、整流器、监视输出及电源组成。输入保护电路用来保护该电路的场效应管。衰减控制器用来控制各挡衰减的接通,使仪器在整个量程均能高精度地工作。整流器是将放大的交流信号进行整流,整流后的直流电流再送到表头。监视输出功能主要是用来检测仪器本身的技术指标是否符合出厂时的要求,同时也可作放大器使用。交流毫伏表具有测量交流电压、电平测试、监视输出等三大功能。交流测量的幅值范围是 $100\text{mV} \sim 300\text{V}$,共分 1、3、10、30、100、300mV,1、3、10、30、100、300V 共 12 挡。频率的范围是 $5\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$ 。

(2) 使用方法:①接通 220V 电源,按下电源开关,电源指示灯亮,仪器立刻工作。为

了保证仪器稳定性,需预热 10 秒钟后使用,开机后 10 秒钟内指针无规则摆动属正常。

②将通道输入端测试探头上的红、黑色鳄鱼夹短接。③将量程开关选择最高量程(300V),然后根据表针所指的范围逐渐减小,直至数据测出。④将输入测试探头上的红、黑鳄鱼夹断开后与被测电路并联(红鳄鱼夹接被测电路的正端,黑鳄鱼夹接地端),观察表头指针在刻度盘上所指的位置,若指针在起始点位置基本没动,说明被测电路中的电压甚小,且毫伏表量程选得过高,此时用递减法由高量程向低量程变换,直到表头指针指到满刻度的 $\frac{2}{3}$ 左右即可。⑤准确读数。表头刻度盘上共刻有 4 条刻度。第一条刻度和第二条刻度为测量交流电压有效值的专用刻度,第三条和第四条为测量分贝值的刻度。当量程开关分别选 1mV、10mV、100mV、1V、10V、100V 挡时,就从第一条刻度读数;当量程开关分别选 3mV、30mV、300mV、3V、30V、300V 时,应从第二条刻度读数(逢 1 就从第一条刻度读数,逢 3 从第二条刻度读数)。例如:将量程开关置“1V”挡,就从第一条刻度读数,若指针指的数字是在第一条刻度的 0.7 处,其实际测量值为 0.7V;若量程开关置“3V”挡,就从第二条刻度读数,若指针指在第二条刻度的“2”处,其实际测量值为 2V。以上举例说明,当量程开关选在哪个挡位,比如,1V 挡位,此时毫伏表可以测量外电路中电压的范围是 0~1V,满刻度的最大值也就是 1V。当用该仪表去测量外电路中的电平值时,就从第三、四条刻度读数,读数方法是,量程数加上指针指示值,等于实际测量值。

(3) 注意事项:①交流毫伏表在通电之前,一定要将输入电缆的红、黑鳄鱼夹相互短接,防止仪器在通电时因外界干扰信号通过输入电缆进入电路放大后,再进入表头将表针打弯。②若要测量高电压,输入端黑色鳄鱼夹必须接在地端。③测量前应短路调零。打开电源开关,将测试线(也称开路电缆)的红、黑夹子夹在一起,将量程旋钮旋到 1mV 量程,指针应指在零位(有的毫伏表可通过面板上的调零电位器进行调零,凡面板无调零电位器的,内部设置的调零电位器已调好)。若指针不指在零位,应检查测试线是否断路或接触不良,应更换测试线。④交流毫伏表灵敏度较高,打开电源后,在较低量程时由于干扰信号的作用,指针会发生偏转,称为自起现象。所以在不测试信号时应将量程旋钮旋到较高量程挡,以防打弯指针。⑤交流毫伏表接入被测电路时,输入端不能接反!即:红夹子必须接正极,黑夹子必须接负极(地),以防干扰。⑥使用前应先检查量程旋钮与量程标记是否一致,若错位会产生读数错误。⑦交流毫伏表只能用来测量正弦交流信号的有效值,若测量非正弦交流信号要经过换算。⑧不可用万用表的交流电压挡代替交流毫伏表测量交流电压(万用表内阻较低,可用于测量 50Hz 左右的工频电压)。

(二) 常用电子元件的检测

在电子设计的过程中会用到很多电子元件,常用的一般有电阻、电解电容、二极管、三极管等,下面主要介绍常用电子元件的识别及测量。

1. 电阻的检测 用万用电表(磁电式或数字式)测量电阻器的最简易方法。将万用电表两表笔(不分正负)分别与电阻的两端引脚相接,即可测出实际电阻值。为了提高测量精度,应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。测量阻值时,如果万用表显示 0 或数字不停地变动或显示的数字与电阻器上的标示值相差很大,则说明电阻器已损坏。如果与电阻上标示值相等或接近,则表示该电阻正常。

(1) 磁电式万用表判断电阻器:①功能开关置合适的 $\times\Omega$ 量程挡。②固定电阻器测量:指针指示的数据乘以倍率所得的结果与其标称值相符,则电阻器是正常的;若测得结

果为 0,表示该电阻器短路;若测得结果为 ∞ ,表示该电阻器断路。③可变、可调电位器测量:先测二个固定端的阻值,测得结果应与标称值相符;再测中间抽头与任一固定端间的阻值,同时慢慢转动转轴,观察其阻值是否连续变化,若由小变大或由大变小,最终为 0 或等于两固定端的标称阻值,则电位器是正常的,否则电位器是损坏的。

(2) 数字万用表判断电阻器:①红表笔插入“V/ Ω ”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。②功能开关置合适的 Ω 量程挡。注意事项:在电路中测试电阻器值时,因电路中电参数相互影响,应先取下电阻器的一个脚再进行测量。

2. 电解电容的识别与检测

(1) 指针万用表判断电解电容:在刚接触的瞬间,电解电容开始充电,万用表指针向右偏转较大角度(在同一量程下,摆动越大,容量越大),接着逐渐向左回摆,直至某一电阻值处,这是电容的正向漏电阻。将表笔正、负极交换后再摆动一次,回摆后测得的反向电阻小于正向电阻。在测量中,若正向、反向均无充电现象,即万用表指针不动,则说明容量很小或电容已失效,如果测得阻值很小或一直为零,说明电容漏电严重或已击穿损坏。

(2) 数字万用表判断电解电容:将数字万用表的功能开关置于 CAP 合适的量程。将待测的电解电容直接插入万用表中插孔 CX 中,读取数值,若显示的数值与电解电容的标称值在误差范围内相符,则电解电容是正常的,否则电解电容是损坏的。

3. 二极管的检测

(1) 指针式万用表测试二极管

1) 二极管的好坏及电极的判别:用万用表的 R \times 1K 挡,红、黑两表笔分别接触二极管的两个电极,测出其正、反向电阻值,一般二极管的正向电阻为几十欧到几千欧,反向电阻为几百千欧以上。正、反向电阻差值越大越好,至少应相差百倍为宜。若正、反向电阻都为零,则管子内部短路;若正、反向电阻都为 ∞ ,则管子内部开路;若正、反向电阻接近,则管子性能差。用上述测法测得阻值较小的那次,黑表笔所接触的电极是二极管的正极,另一端为负极。这是因为在磁电式万用表的欧姆挡,黑表笔接表内电池的正端,红表笔接表内电池的负端。

对于二极管,正向电阻越小越好,反向电阻越大越好。正、反向电阻差值越大,说明二极管的质量越好。

2) 二极管类型的判别:经验证明,用 500 型万用表的 R \times 1K 挡测二极管的正向电阻时,硅管为 6~20k Ω ,锗管为 1~5k Ω 。用 2.5V 或 10V 电压挡测二极管的正向导通电压时,一般锗管的正向电压为 0.1~0.3V,硅管的正向电压为 0.5~0.7V。

(2) 用数字万用表进行检测

1) 极性判别:将数字万用表置于二极管挡,红表笔插入“V/ Ω ”插孔,黑表笔插入“COM”插孔,这时红表笔接表内电源正极,黑表笔接表内电源负极。将两只笔分别接触二极管的两个电极,如果显示溢出符号“1”,说明二极管处于截止状态;如果显示在 1V 以下,说明二极管处于正向导通状态,此时与红表笔相接的是二极管的正极,与黑表笔相接的是负极。

2) 好坏的测量:将数字万用表置于二极管挡,红表笔插入“V/ Ω ”插孔,黑表笔插入“COM”插孔。当红表笔接二极管的正极,黑表笔接二极管的负极时,显示值在 1V 以下;

当黑表笔接二极管的正极,红表笔接二极管的负极时,显示溢出符号“1”,说明被测二极管正常。若两次测量均显示溢出,则表示二极管内部断路;若两次测量均显示“000”,则表示二极管已击穿短路。

3) 硅管与锗管的测量:量程开关位置及表笔插法同上,红表笔接被测二极管的正极,黑表笔接负极,若显示电压在 $0.5 \sim 0.7\text{V}$,说明被测管是硅管;若显示电压在 $0.1 \sim 0.3\text{V}$,说明被测管是锗管。用数字万用表检测二极管时,不宜用电阻挡进行测量,因为数字万用表电阻挡所提供的测量电流太小,不足以使二极管正向导通,通常其正、反向电阻都很大,不能反映二极管的真实电阻值。

4. 半导体三极管的检测

(1) 指针万用表检测三极管

1) 基极的判别:将万用表置于电阻 $\times 100\Omega$ 或 $\times 1\text{k}\Omega$ 挡。用黑表笔接三极管的某一管脚,用红表笔分别接另外两个管脚,若两次测得的电阻都很小,调换表笔测得的电阻都很大,则与黑表笔相连的管脚为基极,同时可知该管是 NPN 型管;反之,用红表笔接三极管的某一管脚,用黑表笔分别接另外两个管脚,若两次测得的电阻都很小,则与红表笔相连的管脚为基极,同时可知该管是 PNP 型管。

2) 集电极、发射极的判别:判断依据是三极管具有电流放大作用。以 NPN 型管为例,假定其余两只脚中的一只是集电极,将黑表笔接到此管脚上,红表笔接假定的发射极上。用 $100\text{k}\Omega$ 的电阻接在(或用手捏住)已知的基极和假定的集电极之间,测得一个电阻记为 R_1 ;再做相反的假设,即把原来假定的集电极假设为发射极,重复上述测量过程,再测得一电阻 R_2 。比较两次测得的阻值,若前者阻值较小,则说明前者假设是对的,即黑表笔接的一只脚就是集电极,剩下的一只脚便是发射极。若两次测得结果都大或都小,说明该三极管是损坏的。

对 PNP 型管,只需调换表笔,仍采用以上检测方法。

(2) 数字万用表检测三极管

1) 基极的判别:将功能开关置数字万用表的二极管挡,红表笔插入“V/ Ω ”,黑表笔插入“COM”。

NPN:红表笔接假定的“基极”,黑表笔分别接假定的“集电极”“发射极”,两次测量结果都是显示 550mV (或 300mV)左右;调换表笔,两次测量都显示“1”,则表明红表笔接的是真正的基极,说明该管为 NPN 型硅管(或锗管),且三极管是正常的。

PNP:黑表笔接假定的“基极”,红表笔分别接假定的“集电极”“发射极”,两次测量结果都是显示 550mV (或 300mV)左右;调换表笔,两次测量都显示“1”,则表明黑表笔接的是真正的基极,说明该管为 PNP 型硅管(或锗管),且三极管是正常的。

2) 集电极、发射极的判别

判别依据:三极管具有电流放大作用。将功能开关置“hFE”处,根据管型将其插入相应的管座,基极“b”插入 b 座,假定的集电极“c”插入 c 座,假定的发射极“e”插入 e 座,若显示的 β 值为几十至几百,则表明假定的集电极“c”是真正的集电极 c,假定的发射极“e”是真正的发射极 e;若显示的 β 值很小,则表明假定的集电极“c”是真正的发射极 e,假定的发射极“e”是真正的集电极 c。

实验步骤

1. 信号电压的测量

(1) 打开信号发生器电源开关,选择正弦波,通过选择频率挡级及调整频率调节旋钮与输出幅度调节旋钮,获得 200Hz,10V 的正弦交流信号。

(2) 打开示波器电源开关,垂直方式开关置 CH1,CH1 耦合方式开关置 GND,扫描方式置 AUTO,关闭灵敏度,扫描速率微调旋钮。适当调节亮度、聚焦、垂直和水平位移、扫描速率等控件。使示波器屏幕上出现一条清晰稳定的水平亮线。

(3) 将信号发生器测试夹与示波器 CH1 测试夹对接,选择示波器 CH1 耦合方式为 AC 方式,调节垂直和水平位移、扫描速率等,使屏幕上出现稳定的正弦波,读取信号电压的峰-峰值 u_{p-p} ,记录在表格中。

(4) 保持信号发生器的状态,分别将衰减开关置 20、40、60dB,用示波器分别测量读取信号电压的峰-峰值 u_{p-p} ,并记录在表格中。

2. 用示波器和交流毫伏表测量信号参数

(1) 调节信号发生器产生 100Hz、1V 的正弦波信号。将信号输出接入示波器 CH1 通道,调节示波器相关开关和旋钮使波形稳定。适当选择扫描速率开关(关闭微调),使屏幕上显示 2~3 个周期稳定的正弦波形。根据扫描速率位置,读取一个正弦周期所占时间即为周期 T。

(2) 分别选择信号发生器频率为 1kHz、10kHz、100kHz,用示波器和交流毫伏表测量信号参数。

3. 用万用电表判断模拟电子技术实验箱中电阻器、二极管、三极管的好坏,对三极管及二极管引脚进行确定。

4. 用万用电表测量实验箱上的多种直流稳压电源输出电压,测量数据填入表格中。

5. 利用实验箱上的直流电源,选取一个合适的电阻,设计一个测量直流电流的电路,并实验测量。

思考题

1. 使用示波器时,如出现以下情况:①无图像;②只有垂直线;③只有水平线;④图像不稳定,试说明可能的原因,应调节哪些旋钮加以解决?

2. 交流毫伏表在小量程挡,输入端开路时,指针偏转很大,甚至出现打针现象,这是什么原因?应怎样避免?

3. 在实验中,所有仪器与实验电路必须共地(所有的地接在一起),这是为什么?

(陆改玲)

实验二 电路的基本原理

一、基尔霍夫定律

实验目的

1. 掌握基尔霍夫定律的内容,通过测试电路有关参数加深对基尔霍夫定律的理解。