

MONI DIANLU
JIQICHANPINANZHUANGTIAOSHI

模拟电路 及其产品安装调试

主 编 朱亚丽
副主编 孟光毅



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内容简介

MONI DIANLU
JIQICHANPINANZHUANGTIAOSHI

模拟电路 及其产品安装调试

朱亚丽 主 编
孟光毅 副主编 蒋旭丽 参 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书将产品引领法融入项目的选取及编写过程中,以典型的、有实用价值的、学生感兴趣的产品为引导,贯穿必备的理论知识,进行每个教学项目的编写。同时将知识、技能点串成知识、技能链,以类似产品的安装、调试作为项目实训的课题,进行实践动手能力和创新能力的培养,激发学生的学习兴趣、探究兴趣和专业兴趣,为培养职业能力、职业素质服务。

本书以可燃气体报警器作为模拟电路组成典型产品贯穿整个教学过程,全书共有7个项目,主要包括直流稳压电源的安装与调试、晶体管应用电路的安装与调试、集成运算放大器应用电路的安装与调试、低频功率放大电路的安装与调试、振荡电路的安装与调试、晶闸管应用电路的安装与调试、模拟电子产品的安装与调试。附录中列出了维修电工中级职业技能鉴定中本课程的应知考试练习题,在实训中按职业技能鉴定应会考核方式进行评价打分,为推行“双证制”打好基础。

本书可以作为中职院校应用电子、通信、自动化等专业教学用书,也可作为企业电子整机产品装配培训教材,还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电路及其产品安装调试 / 朱亚丽主编. —北京: 中国电力出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5123-7229-0

I. ①模… II. ①朱… III. ①模拟电路②电子产品—安装③电子产品—检测 IV. ①TN710②TN07

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第039936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>

责任编辑: 杨淑玲 责任印制: 蔺义舟 责任校对: 闫秀英

北京市同江印刷厂印刷 · 各地新华书店经售

2015年3月第1版 · 第1次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 11.5印张 · 272千字

定价: 29.80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

为加强电子电路及其产品的安装调试能力的培养,浙江省机电技师学院电气工程系组织编写了“中职电类专业基础课产品引领法系列教材”。包括《模拟电路及其产品安装调试》、《数字电路及其产品安装调试》和《单片机及其智能产品安装调试》。从电路到产品的技术学习、安装调试技能训练,从模拟电子产品到数字电子产品到智能电子产品,由低级到高级,多次学习与训练,熟能生巧,形成较强的电子电路及其产品安装调试能力,培养高素质的创新型、技能型人才,满足人才市场的需求。

产品引领法是在课程教学中,以典型的、有实用价值的、学生感兴趣的产品为引导,开展各章节、模块的教学。所学知识来源于生产实践,把知识、技能点串成知识、技能链。并以类似产品的安装、调试作为项目实训的课题,进行实践动手能力和创新能力的培养,激发学习兴趣、探究兴趣和专业兴趣,为培养职业能力、职业素质服务。

通过这种产品,把课程的知识学习和技能训练尽可能多地涵括其中,掌握了支持这种产品的知识和技能,就基本上达到了这一门课程的教学目标。而对于不能涵括其中的知识、技能,以实用零部件或实用电路为引领开展教学。所谓的产品是广义产品,并不一定是市场有售的产品,也可以是为培养学生职业能力自行设计制作的教学用产品。

产品引领法属于任务引领课程范畴。鉴于电子元器件价格低,教师和学生将其安装调试成一个电子产品的目标易实现,通过“教学做一体化”的教学模式,有利于学生对电子产品安装调试能力的培养。具有较高的性价比,且选择得当,易激发学生兴趣;便于各校推广,具有示范作用。

产品的选取是产品引领法的关键,因其具有统领全局的作用。找到了一个好的产品,就等于找到了将知识如何应用于实际、知识转化为能力的契合点,实现理论与实践相结合,有利于电子技术应用能力的培养。

本书选用可燃气体报警器作为教学用产品,为增强知识技能涵盖性,可燃气体报警器中选用二极管整流滤波及其稳压电路、发光二极管及其驱动电路(含晶体管驱动和集成运放驱动)、电压比较器与由其组成的延时电路、 RC 振荡器电路、晶体管开关电路等组成电子产品。没有包括在内的电路,如稳压二极管稳压电源、晶体管放大器、集成运放组成放大器、集成功放电路、晶闸管电路等,以实用电路在相关章节的引言中引入,并进行实用电路安装调试的技能训练。测量仪器仪表的使用,按使用先后分插在各章节中。

教材编写过程中,注意了以下问题:

(1) 从电路向电子产品转移,有利于职业能力素质的提升。

按照传统习惯,《模电》的技术知识及技能训练仅限于单元电路安装调试,而对特定电路在电子产品中的应用仅泛泛介绍,鲜见用各种电路连接组成产品的介绍。我们的改革,实现电路向产品转移,考虑到单纯模拟电路组成产品较少、产品中所用单元电路种类不多的情况,采用了教学用产品可燃气体报警器。不但有单元电路的安装调试,还进行电子产品的安装调试,使学生有一个明确的电子产品概念,理论联系实际,学以致用,感受技术、技能的实用

价值,提高对课程学习的兴趣、探究兴趣和职业兴趣,增强职业岗位针对性、职业习惯养成和职业道德培养,使职业能力素质得到提升。这是用人单位所欢迎的。

(2) 遵循“先仿后创”的原则,培养举一反三的能力。

即实行先仿制、后创新的路子。学生能仿照引领电路、产品,根据给定的电路图安装、调试同类型电路、产品,学会如何把所学知识变成实际产品,享受自己劳动成果的愉悦,实现知识向能力的转化。学会举一反三、培养创新意识和创新能力。

(3) 开展“教学做一体化”教学,提高教学质量。

为了增强教材的适用性,把理论教学与实训分开编写。列有较多案例项目,便于组织“教学做一体化”教学,请教师根据实际情况组织教学,实现边教、边学、边练,提高教学质量。

(4) 编写通俗易懂,循序渐进,符合中职学生的接受水平和认知规律。

本书在编写时力求通俗易懂,突出一个“浅”字。为降低难度,对半导体器件把注意力放在器件的外部伏安特性、模型和参数上面,不对内部载流子运动和内电路做详细分析。对于超纲部分,以“知识拓展”或打*列出。本着“先仿后创,先易后难,循序渐进”的原则,首先先给出电路图、装配图、调试工艺(方法、步骤)进行安装调试,然后给出电路图,学生自行设计装接图,其次整机总装、调试,最后改变传感器组成新产品,仿照可燃气体报警器进行安装调试。符合中职学生的接受水平和认知规律。

(5) 为推行“双证制”打基础。

书中列出维修电工中级职业技能鉴定中本课程的应知考试题,在实训中按职业技能鉴定应会考核方式进行评价打分,为推行“双证制”打基础。

(6) 为加强电子电路安装调试能力,增加可供选用的 6 个具有趣味性和实用性的项目,列入附录 C 中。

本书由浙江省机电技师学院朱亚丽、孟光毅、费军军、金超群,沈阳自动化研究所义乌中心张晓鹤和楼阳照编写,由朱亚丽、孟光毅统稿,熊望志教授任主审。陈梓城教授对本系列教材进行总体策划,对编写的指导思想、编写提纲和书稿进行审阅,提出修改意见。

本书在编写过程中,除了依据近几年来摸索的教学实践经验外,还参阅借鉴了国内高等院校有关的教材,并得到有关专家和教师的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免会有不妥之处,恳切希望广大读者和同行给予批评指正。

编者

2015 年 1 月

目 录

前言	
绪论	1
项目 1 直流稳压电源的安装与调试	5
学习目标	5
任务 1.1 二极管的认识与测试	5
1.1.1 半导体基础知识	5
1.1.2 半导体二极管及其特性	6
1.1.3 其他类型二极管	9
任务 1.2 认识整流电路	12
1.2.1 半波整流电路	12
1.2.2 全波整流电路	13
1.2.3 桥式整流电路	15
1.2.4 硅桥式整流器简介	16
任务 1.3 认识滤波电路	17
1.3.1 电容滤波电路	17
1.3.2 电感滤波电路	18
1.3.3 复式滤波电路与滤波电路性能比较	19
任务 1.4 直流稳压电路	20
1.4.1 稳压二极管组成的并联型稳压电路	20
1.4.2 认识集成稳压器	21
任务 1.5 二极管的测试与稳压电路安装调试	24
1.5.1 数字万用表的使用及其二极管的测试	24
1.5.2 稳压二极管组成稳压电路的安装调试	30
1.5.3 可燃气体报警器集成稳压电路的安装与调试	33
单元小结	36
练习题	37
项目 2 晶体管应用电路的安装与调试	40
学习目标	40
任务 2.1 认识晶体管	40
2.1.1 晶体管基础知识	40
2.1.2 晶体管放大作用	43
2.1.3 晶体管的特性	44
任务 2.2 认识晶体管放大电路	46
2.2.1 放大电路基础知识	46

2.2.2	基本共射放大电路	47
2.2.3	分压式共射放大电路组成	51
2.2.4	共集电极放大电路——射极输出器	52
2.2.5	多级放大电路	53
任务 2.3	晶体管检测与应用电路的安装调试	55
2.3.1	用万用表检测晶体管	55
2.3.2	晶体管共射放大电路的组装与调试	57
2.3.3	共集电极放大电路组装与调试	65
2.3.4	发光二极管驱动电路的安装调试	66
单元小结		66
练习题		67
项目 3	集成运算放大器应用电路的安装与调试	70
学习目标		70
任务 3.1	认识集成运算放大器	70
3.1.1	集成运放的主要类型	70
3.1.2	集成运放的电路符号及封装	71
3.1.3	集成运放的组成框图	72
任务 3.2	放大电路中的负反馈	72
3.2.1	反馈的基本概念	72
3.2.2	反馈类型及其对放大电路的影响	72
任务 3.3	集成运放的理想特性与主要参数	74
3.3.1	集成运放的主要参数	74
3.3.2	集成运放理想化条件	75
3.3.3	集成运放线性应用条件及其特性	75
任务 3.4	集成运放的常用放大电路	76
3.4.1	反相输入放大电路	76
3.4.2	同相输入放大电路	77
3.4.3	电压跟随器	77
3.4.4	差动输入放大电路	78
任务 3.5	集成运放的使用常识	78
3.5.1	集成运放的选用	78
3.5.2	外接电阻器的选用	79
3.5.3	消除自激振荡	79
3.5.4	调零	80
3.5.5	保护	80
任务 3.6	比较器及其应用	81
3.6.1	比较器简介	81
3.6.2	比较器的分类	82
3.6.3	比较器与运放的差别	84

*3.6.4 比较器组成的延时电路	85
任务 3.7 集成运放应用电路的安装与调试	86
3.7.1 集成运放组成交流放大电路的组装与调试	86
3.7.2 汽车蓄电池过电压、欠电压报警电路的安装与调试	88
3.7.3 可燃气体报警器中比较器及其延时电路的安装与调试	90
单元小结	91
练习题	91
项目 4 低频功率放大电路的安装与调试	93
学习目标	93
任务 4.1 认识低频功率放大电路	93
4.1.1 功率放大电路的特点和要求	93
4.1.2 功率放大器的分类	94
任务 4.2 认识 OCL 电路	95
任务 4.3 认识 OTL 电路	99
任务 4.4 认识复合管的功率放大电路	99
任务 4.5 集成功率放大器的使用	101
4.5.1 集成功率放大电路的主要性能指标	101
4.5.2 集成功率放大电路的应用	101
任务 4.6 LM386 集成功放电路的安装与调试	105
单元小结	107
练习题	107
项目 5 振荡电路的安装与调试	109
学习目标	109
任务 5.1 认识振荡电路	109
5.1.1 产生正弦波振荡的条件	109
5.1.2 振荡电路的组成	110
任务 5.2 认识 LC 振荡电路	110
5.2.1 LC 并联回路的频率特性	110
5.2.2 变压器反馈式振荡电路	111
5.2.3 电感三点式振荡电路	112
5.2.4 电容三点式振荡电路	113
任务 5.3 认识石英晶体振荡电路	113
5.3.1 石英晶体谐振器	114
5.3.2 石英晶体振荡电路	115
任务 5.4 RC 桥式正弦波振荡电路的安装与调试	117
5.4.1 文氏桥式 RC 正弦波振荡电路	117
5.4.2 可燃气体报警器中 RC 振荡电路的安装与调试	118
单元小结	121
练习题	121

项目 6 晶闸管应用电路的安装与调试	123
学习目标	123
任务 6.1 认识晶闸管	123
6.1.1 晶闸管的种类与外形封装	123
6.1.2 单向晶闸管的基本结构与工作特性	125
6.1.3 晶闸管的主要参数	126
6.1.4 单向晶闸管的测量	126
任务 6.2 特殊晶闸管及其应用	127
6.2.1 双向晶闸管	127
6.2.2 快速晶闸管	128
6.2.3 门极可关断晶闸管 (GTO)	129
任务 6.3 晶闸管的应用电路	129
6.3.1 可控整流电路	129
6.3.2 交流调压电路	130
6.3.3 无触点开关电路	131
6.3.4 晶闸管使用注意事项	131
任务 6.4 调光台灯电路的安装与调试	131
单元小结	133
练习题	133
项目 7 模拟电子产品的安装与调试	135
任务 7.1 可燃气体报警器的安装与调试	135
7.1.1 可燃气体报警器的组成及工作原理	135
7.1.2 需要说明的问题	138
*7.1.3 单元电路元器件选取	139
7.1.4 可燃气体报警器的总装与调试	141
7.1.5 任务评价	142
任务 7.2 模拟温度报警器的安装与调试	143
7.2.1 设计任务与要求	143
7.2.2 总体方案	143
7.2.3 组装与调试	145
7.2.4 模拟温度报警器元件清单	146
7.2.5 模拟温度报警器安装调试评价标准	147
附录	148
附录 A 维修电工中级工职业技能鉴定应知考试题	148
附录 B 电子电路常用元器件表	154
附录 C 可供选择的学生实训项目	159
C.1 简易晶体管 β 值粗筛选电路的安装与调试	159
C.2 语音报警电路的安装与调试	163
C.3 无线话筒的安装与调试	165

C.4 用 2AP9 组成的温度报警器的安装与调试	167
C.5 简易恒流充电器制作	168
C.6 两级集成运放交流放大电路安装调试	169
参考文献	172

绪 论

1. 电子技术的发展与应用概况

电子技术是 19 世纪末、20 世纪初开始发展起来的新兴技术，在短短的一个多世纪内，电子学得到迅速发展，作为研究和应用电子学的电子技术也突飞猛进地发展。

1895 年，H.A.Lorentz 假定了电子存在。

1897 年，J.J.Thompson 用试验找出了电子。

1904 年，J.A.Fleming 发明了最简单的二极管（diode 或 valve），用于检测微弱的无线电信号。

1906 年，L.D.Forest 在二极管中安上了第三个电极（栅极，grid）发明了具有放大作用的晶体管，这是电子学早期历史中最重要里程碑。

1948 年美国贝尔实验室的几位研究人员发明晶体管。

1958 年集成电路的第一个样品见诸于世。集成电路的出现和应用，标志着电子技术发展到了一个新的阶段。

进入 21 世纪，以集成电路为基础的电子信息产业已成为世界第一大产业。电子信息产业的发展在国民经济发展中具有十分重要的战略意义。

“十二五”期间，我国规模以上电子信息制造业销售收入年均增速保持在 10% 左右，2015 年将超过十万亿元。在集成电路、新型显示器件、关键元器件、重要电子材料及电子专用设备仪器等领域突破一批核心关键技术。集成电路产品满足国内市场需求近 30%，芯片制造业规模生产技术达到 12in（1in=0.0254m）、32/28nm 工艺；平板电视面板自给率达 80% 以上。

我国目前属于集成电路消费大国，成为全球最大电子信息产品制造基地。2005 年集成电路进口额为 788.2 亿美元，居贸易逆差的榜首，差额为 650.7 亿美元。到 2020~2050 年中国将成为集成电路产业强国，世界将成为中国集成电路的市场。

2. 课程的性质和任务

中等职业学校电子技术基础与技能课程是中等职业学校电类专业的一门基础课程。其任务是：使学生掌握电子信息类、电气电力类专业必备的电子技术基础知识和基本技能，具备分析和解决生产生活中一般电子问题的能力，具备学习后续电类专业技能课程的能力；对学生进行职业意识培养和职业道德教育，提高学生的综合素质与职业能力，增强学生适应职业变化的能力，为学生职业生涯的发展奠定基础。它在专业人才培养过程中具有重要的地位和作用。

通过教学使学生初步具备查阅电子元器件手册并合理选用元器件的能力；会使用常用电子仪器仪表；了解电子技术基本单元电路的组成、工作原理及典型应用；初步具备识读电路图、简单印制电路板和常见电子电路的能力；具备制作和调试常用电子电路及排除简单故障的能力；掌握电子技能实训的安全操作规范。

结合生产生活实际,了解电子技术的认知方法,培养学习兴趣,形成正确的学习方法,有一定的自主学习能力;通过参加电子实践活动,培养运用电子技术知识和工程应用方法解决生产生活中相关实际电子问题的能力;强化安全生产、节能环保和产品质量等职业意识,养成良好的工作方法、工作作风和职业道德。

电子技术基础与技能课程分模拟电路和数字电路两大部分。为激发学生学习兴趣,使学生具有应用电子电路组成电子产品的概念和加强电子产品安装调试能力的培养,在编写教材时分成《模拟电路及其产品安装调试》、《数字电路及其产品安装调试》两册,开展教学。

3. 模拟电路组成

本课程是研究模拟电路(低频部分)及其应用的课程。模拟信号是时间上和数值上都是连续的信号,它能模拟真实世界的物理量(如声音、温度、压力等)的电压或电流,它的变化是连续的和平滑的。模拟电路则是产生和处理模拟信号的电路。相对应的在时间上和数值上都是断续的信号称为数字信号,数字电路则是产生和处理信号的电路。数字电路的知识学习由数字电子技术课程完成。

电子产品大多是由一些模拟电路或者数字模拟电路混合组装而成的。所谓模拟电子设备,一般是由低频电子电路组合而成的模拟系统。日常接触到的许多电子设备和仪器,如扩音器、录音机、温度控制装置等,都是模拟电子设备。它们在国民经济、上层建筑直至人们的日常生活中,都发挥着作用。例如可燃气体报警器,当可燃气体浓度超过标准时,能发出声光报警,以采取措施,保证安全。虽然它们的性能、用途各有不同,但就其电子电路部分而言,可以说都是由一些基本单元电路组成的,其基本结构方面有着共同的特点。

一般来说,典型的模拟电子设备由三个组成部分:一是传感器件部分;二是信号放大和变换电路部分;三是执行机构部分。图0-1所示为典型模拟电子设备的框图。

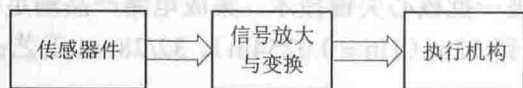


图0-1 模拟电子设备组成框图

(1) 传感器件。传感器件主要用来把非电信号转换为电信号,例如话筒、磁头、热敏器件、气敏器件、光敏元件等。例如可燃气体报警器、烟雾报警器中的传感器,红外报警器中的热释电传感器等。

(2) 信号放大与变换。从传感器件送来的电信号,一般是比较微弱的,有的信号波形也不符合要求,往往不能直接推动执行机构正常工作,必须将这种信号加以放大或变换,再传送给执行结构。例如红外报警器的热释电传感器需经两级放大,可燃气体报警器需经过比较器、发光二极管驱动电路、振荡器等送往执行机构。

(3) 执行机构。执行机构则是把电能转换成其他形式的能量,以便完成人们所需要的功能。例如报警器中的发光二极管和扬声器等。

4. 可燃气体报警器

本书以可燃气体报警器作为模拟电路组成典型产品贯穿整个教学过程,演示用的可燃气体报警器,如图0-2所示。各种电子元器件装配在印制电路板上。

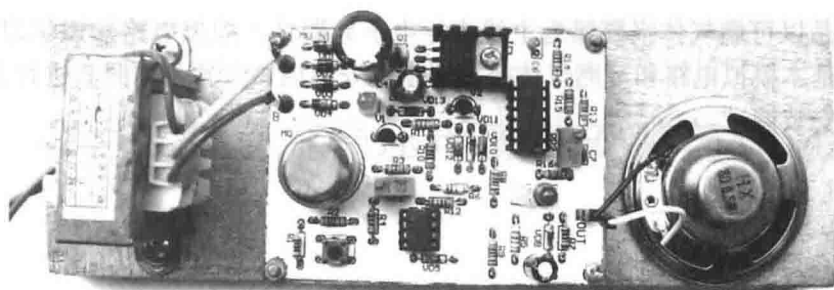


图 0-2 演示用的可燃气体报警器实物

接通报警器的交流电源，黄色预热指示 LED 和绿色正常工作指示 LED 同时点亮，为保证测试准确可靠，传感器进行约 5min 的预热。达到预定的预热时间后，黄色 LED 熄灭，电路进入可燃气体检测状态。此时，将气体打火机点火后，用嘴吹灭火焰，保持气体释放状态，将其靠近气体传感器，绿色 LED 熄灭，红色报警指示 LED 点亮，同时扬声器发出报警声。说明可燃气体超过预定值，会产生危险。如果移开打火机，当可燃气体浓度降低到设定值以下后，声光报警自动结束，绿色 LED 点亮，说明危险解除。

可燃气体报警器的电路框图如图 0-3 所示。可燃气体报警器是由各种相应电子元件和基本电路组成的。在学习过程中我们先安装调试基本电路，然后进行总装调试。传感器及基本电路在可燃气体报警器中相应位置示意图如图 0-4 所示。

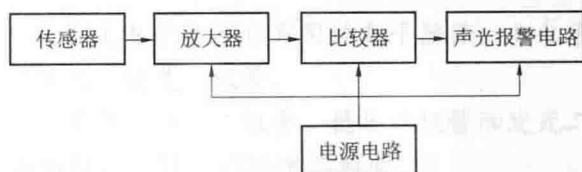


图 0-3 可燃气体报警器的框图

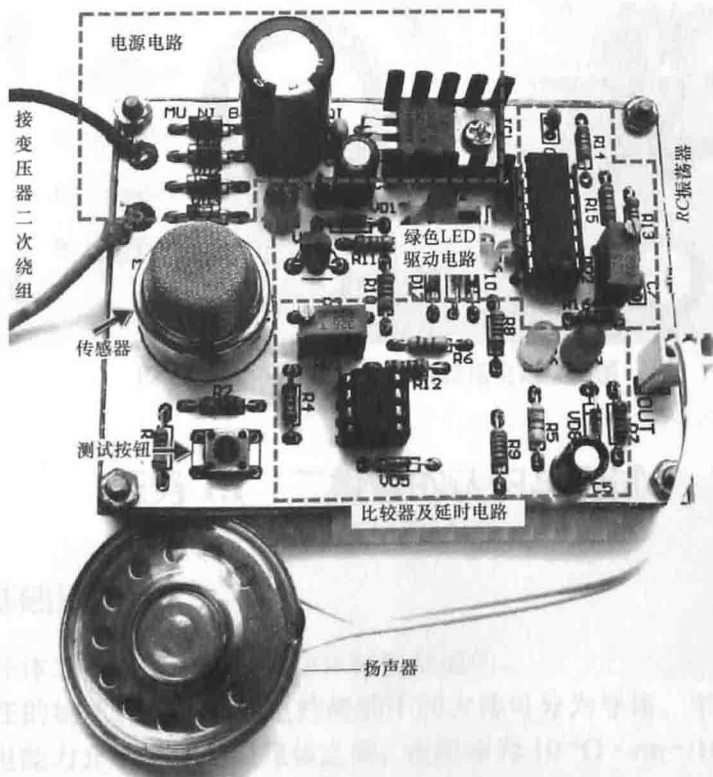


图 0-4 传感器及基本电路在可燃气体报警器中位置示意图

项目 1 直流稳压电源的安装与调试

学习目标

- (1) 了解二极管的结构, 熟悉二极管的单向导电性、电路符号和主要参数。
- (2) 掌握二极管极性和质量优劣的检测方法。
- (3) 了解不同类型二极管的外形特征、功能及应用。
- (4) 理解直流稳压电源的工作原理。
- (5) 会合理选用整流、滤波、稳压元器件。
- (6) 学会直流稳压电源的制作与调试方法。
- (7) 熟练掌握万用表的使用方法。

二极管在仪器仪表、家用电器中应用非常广泛, 是电子技术中常用的电子器件, 如电子产品和电子电路使用的直流稳压电源, 其关键器件之一就是二极管。

可燃气体报警器中用到了多种类型的二极管, 其中有整流二极管、稳压二极管和发光二极管。如图 1.0-1 是可燃气体报警器稳压电路实物图, VD1~VD6 为二极管。

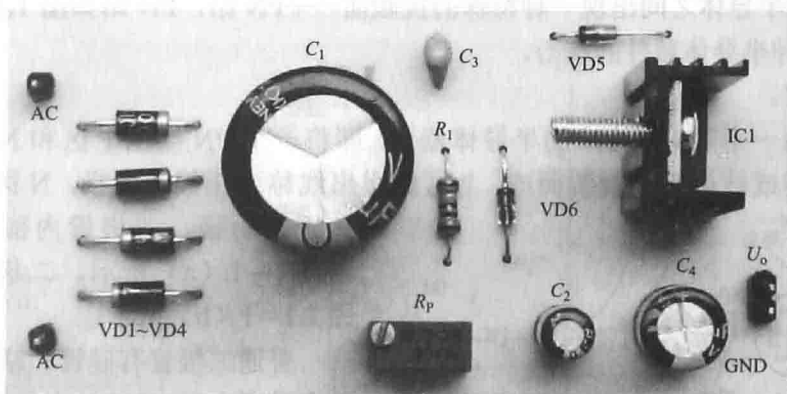


图 1.0-1 可燃气体报警器稳压电路实物图

任务 1.1 二极管的认识与测试

1.1.1 半导体基础知识

二极管是半导体二极管, 它是由半导体材料制成的。

自然界中存在的物质, 根据其导电性能的不同大体可分为导体、半导体和绝缘体三类。

半导体的导电能力介于导体与绝缘体之间, 电阻率为 $10^{-4}\Omega \cdot \text{cm} \sim 10^{10}\Omega \cdot \text{cm}$, 常见的半导体有硅、锗等。

在金属导体中,自由电子作为唯一的一种载体(称为载流子)携带电荷移动,形成电流。

在电解液中,正、负离子移动形成电流。半导体中通常有两种载流子在外电场作用下定向移动而形成电流。一种是带负电荷的电子,另一种是带正电荷的空穴。

由半导体材料制成的常见半导体器件有二极管、晶体管等。半导体器件是组成各种电子电路的基础。

半导体可分为本征半导体、P型半导体和N型半导体。

1. 本征半导体

纯净的、不含其他杂质的、结构完整的单晶体称为本征半导体,如硅、锗等。

2. P型半导体

在本征半导体(硅或锗)中掺入微量三价元素(如硼)后构成的半导体称为P型半导体。

P型半导体的多数载流子是空穴,少数载流子是电子。

3. N型半导体

在本征半导体(硅或锗)中掺入微量五价元素(如磷)后构成的半导体称为N型半导体。

N型半导体的多数载流子是电子,少数载流子是空穴。

1.1.2 半导体二极管及其特性

1. 二极管的结构与图形符号

(1) PN结。

将一块半导体材料通过特殊的工艺过程,使之一边形成P型半导体,另一边形成N型本半导体,会在两种半导体之间出现一种特殊的接触面——PN结,PN结如图1.1-1(a)所示。PN结是构成各种半导体器件的核心。

(2) 二极管。

二极管是由一个PN结构成的半导体器件,即将一个PN结从P区和N区各引出一个电极,并用塑料或玻璃管壳封装而成。P区的引出线称为正极或阳极,N区的引出线称为

负极或阴极,二极管内部结构示意图如图1.1-1(a)所示。二极管图形符号如图1.1-1(b)所示。

普通二极管有硅管和锗管两种,它们的正向导通电压(PN结电压)差别较大,锗管为0.2~0.3V,硅管为0.6~0.7V。常见的二极管的封装如图1.1-2所示。

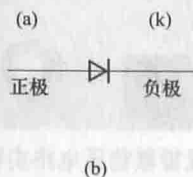
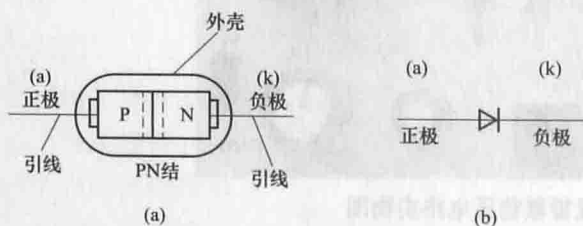


图 1.1-1 二极管内部结构示意图与图形符号

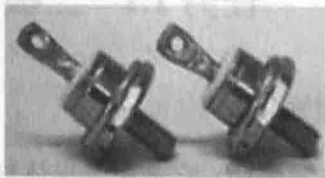
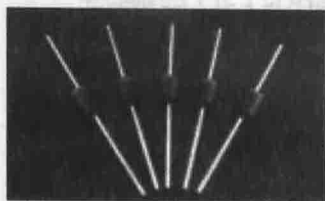


图 1.1-2 二极管的常用封装

(a) 整流二极管; (b) 大功率整流二极管

这里所指的二极管是普通二极管和整流二极管，在电路图中用文字符号“VD”表示。

2. 二极管的单向导电性

二极管最重要的特性就是单向导电性。在电路中，电流只能从二极管的正极流入，负极流出。下面通过简单的电路说明二极管的正向特性和反向特性，如图 1.1-3 所示。

图 1.1-3 (a) 中，正极电位大于负极电位，加上正向偏置电压（简称正偏），二极管导通，H 灯亮。

图 1.1-3 (b) 中，正极电位小于负极电位，加上反向偏置电压（简称反偏），二极管截止，H 灯不亮。

二极管（PN 结）正向偏置导通，反向偏置截止的这种特性称为单向导电性。

【例 1.1-1】 图 1.1-4 所示电路中，H1 和 H2 哪一个灯会亮？

解：判断二极管在电路中是导通还是截止，要看二极管是正偏还是反偏。从图 1.1-4 可知，VD1 的阳极接在电源的正极，阴极接电源的负极，正偏，二极管导通，灯 H1 点亮。H2 由学生们自行分析判断。

3. 二极管的伏安特性

图 1.1-5 所示为二极管的伏安特性曲线，它主要反映了流过二极管的电流和二极管两端电压之间的关系。

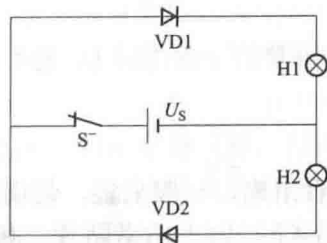


图 1.1-4 例 1.1-1 电路图

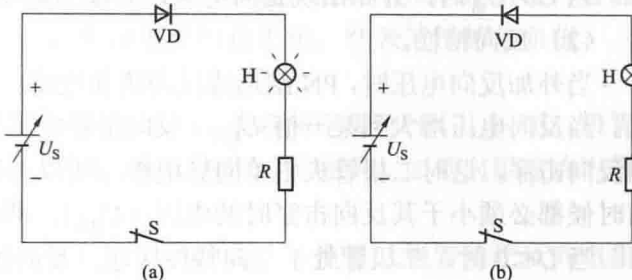


图 1.1-3 二极管单向导电性实验电路

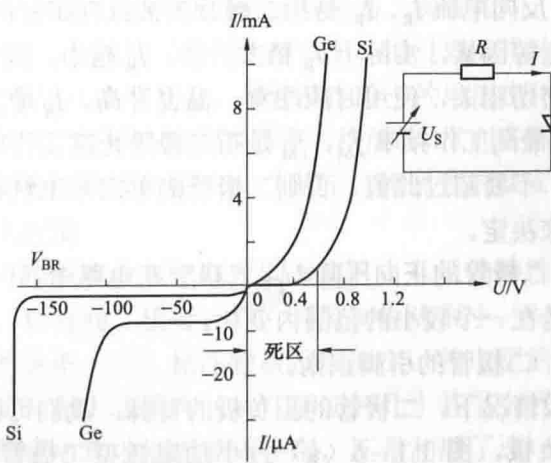


图 1.1-5 二极管伏安特性曲线

(1) 正向特性。

当外加正向电压时，随着二极管两端的正向电压 U 的逐渐增加，电流 I 也增加。但在开始的一段，由于外加电压很低。外电场不能克服 PN 结的内电场，半导体中的多数载流子不能顺利通过阻挡层，所以这时的正向电流极小（该段所对应的电压称为死区电压 U_{th} ，硅管的死区电压约为 $0 \sim 0.5V$ ，锗管的死区电压约为 $0 \sim 0.2V$ ）。当外加电压超过死区电压 U_{th} 以后，外电场强于 PN 结的内电场，多数载流子大量通过阻挡层，使正向电流随电压很快增长。即：