



新世纪高职高专
电气自动化技术类课程规划教材

模拟电子技术及其应用

MONI DIANZI JISHU JIQI YINGYONG

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主 编 王成安 张君双 王 春

主 审 王玉湘



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



新世纪高职高专

电气自动化技术类课程规划教材

新世纪

模拟电子技术及其应用

MONI DIANZI JISHU JIQI YINGYONG

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主 编 王成安 张君双 王 春

副主编 刘玉富 薛 蕊

主 审 王玉湘



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术及其应用 / 王成安, 张君双, 王春主编. — 大连: 大连理工大学出版社, 2010.6(2011.12 重印)
新世纪高职高专电气自动化技术类课程规划教材
ISBN 978-7-5611-5607-0

I. ①模… II. ①王… ②张… ③王… III. ①模拟电路—电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 115438 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:16.5 字数:399 千字

印数:2001~4000

2010 年 6 月第 1 版

2011 年 12 月第 2 次印刷

责任编辑:吴媛媛

责任校对:王淑娟

封面设计:张莹

ISBN 978-7-5611-5607-0

定 价:29.80 元

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且唯一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

众所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国 100 余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001 年 8 月 18 日

前言

《模拟电子技术及其应用》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的电气自动化技术类课程规划教材之一。

随着电子技术的发展和高职教育要求的不断提高,现有的模拟电子技术教材中的有些内容已经不适应现代高职教育的需要,“以工作过程为导向,采用项目式任务驱动引领知识的学习”是高职教材改革的一大特色。在高职教学过程中,要特别重视技能的教学和训练。所以在此次编写的过程中,在知识内容和编写形式方面都做了很大改革,以实际项目引领知识学习,在具体任务中体现技能要求。

在各种电子新器件、新电路、新技术、新工艺如雨后春笋般涌现的今天,大规模集成电路已经被广泛应用,电子技术正朝着专用集成电路(ASIC)方向、硬件和软件合为一体的电子系统(CPLD和FPGA)方向发展,以硬件电路设计为主的传统设计方法,正朝着充分利用器件内部资源和外部引脚功能的设计方法转化。

高职教育培养的人才是面向生产第一线的技术型人才。这类人才不同于将学科体系转化为图纸和设计方案的工程技术人员,而主要是如何把方案和图纸转化为实物和产品的实施型高级技术人才,因此课程的教学内容必须要按照高职教育的培养目标来制定。只有培养学生思考、会学习、会应用,才能使培养出的高职学生适应飞速发展的社会要求。

本教材在编写过程中着重于理论联系实际,主要突出了如下特点:

1. 电子技术作为一门专业基础性质的课程,既要有知识的连续性,又要有知识的先进性,所以在内容的安排上,除了包含模拟电子技术的基本内容外,还增加了模拟电子技术的发展和应用实例,将更多新技术介绍给大家。考虑到稳压电源在电子技术中的重要性,在教材中专门为其设立了一个项目。对于这些知识的处理,不是讲不讲而是怎样讲的问题。要遵循循序渐进的原则,由浅入深,深入浅出,从历史到现代,使电子技术教材的内容跟上时代的发展步伐。

2. 在知识的讲解上,以“必须”和“够用”为原则。对典型电路进行分析时,不做过于繁杂的理论推导;对于电子器件着重介绍其外部特性和主要参数,重点放在其使用方法和实际应用上;对分立元件组成的电路尽可能精简,明确分立元件为集成电路服务的方向;对精选的集成电路主要介绍最新器件的型号、特点和典型应用。

3. 从高职教育的培养目标出发,在内容安排上突破了传统的模式,以项目为中心,在每个项目中明确提出了知识目标和技能目标,并精心设计了练习题,以方便教师和学生对该项目的学习效果进行检查;更有特色的是,结合每个项目的知识内容,精心安排了“实用资料”和“新器件和新技术”等内容,为学生提供了花钱少、取材方便、容易制作、有实用价值的电子电路和一些不容易查找的新资料,相信会对提高学生的电子技术技能和开拓学生的视野有所帮助,为学生迈入电子世界的大门起到引路的作用。

本教材既可作为高职高专院校的电气自动化及相关专业的教材,还可供中等专业学校学生或电子技术工程人员参考。

本教材由辽宁机电职业技术学院王成安教授、辽宁石化职业技术学院张君双和辽宁地质工程职业学院王春任主编,锦州师范高等专科学校刘玉富和青岛黄海职业学院薛蕊任副主编。具体编写分工如下:王成安编写绪论、项目1、项目10~12和附录;王春编写项目2~4;张君双编写项目5~7;刘玉富编写项目8~9;薛蕊参与了部分章节的编写。全书由王成安教授负责统稿和定稿。沈阳航空职业技术学院王玉湘老师和天津机电职业技术学院徐红英老师审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢!本教材在编写过程中,参考了大量的资料和文献,在此对书后所列参考文献的各位作者表示诚挚的感谢!

尽管我们在《模拟电子技术及其应用》教材的特色建设方面做了许多努力,但由于作者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请兄弟院校的师生给予批评和指正。我们衷心盼望本教材能对有志于从事电子技术应用的读者有所帮助,请您把对本教材的意见和建议告诉我们,以便修订时改进。

所有意见和建议请发往:dutpgz@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84707424 84706676

编 者

2010年6月



绪 论	1
项目 1 晶体二极管及其应用	4
1.1 半导体与 PN 结	8
1.2 二极管及其应用	10
1.3 单相整流滤波电路	20
项目小结	30
项目练习题	30
项目 2 晶体三极管及其应用	33
2.1 三极管的电流放大作用	36
2.2 三极管的伏安特性和主要参数	38
2.3 三极管的型号命名法	41
2.4 三极管在电路中的应用	43
2.5 特殊三极管	45
项目小结	48
项目练习题	48
项目 3 场效应管及其应用	49
3.1 场效应管的类型和结构	50
3.2 场效应管的检测方法	56
项目小结	65
项目练习题	65
项目 4 基本放大电路	66
4.1 三极管基本放大电路	67
4.2 场效应管基本放大器	79
4.3 多级放大器及其频率响应	80
项目小结	87
项目练习题	88
项目 5 集成运放与负反馈放大器	91
5.1 集成运算放大器	92
5.2 集成运放的发展和应用	96
5.3 负反馈放大器	100
项目小结	111
项目练习题	112
项目 6 集成运放的线性应用	113
6.1 集成运放组成的基本运算放大电路	113
6.2 集成运放组成的运算电路在实际工程中的应用	119
项目小结	127

项目练习题	127
项目 7 集成运放的非线性应用	130
7.1 集成运放组成的基本电压比较器	131
7.2 专用集成电压比较器 LM339 及其应用	134
7.3 运算放大器与专用电压比较器的区别	137
项目小结	138
项目练习题	139
项目 8 信号的产生和波形变换	140
8.1 正弦波振荡器	141
8.2 非正弦信号振荡器	150
8.3 555 集成时基电路与应用	152
8.4 5G8038 多种函数信号发生集成电路	155
项目小结	158
项目练习题	158
项目 9 集成功率放大器及其应用	161
9.1 功率放大电路	164
9.2 集成功率放大器及其应用	171
项目小结	176
项目练习题	176
项目 10 直流稳压电源的设计与装调	178
10.1 线性直流稳压电源	180
10.2 非线性直流稳压电源	188
10.3 脉宽调制控制型(PWM)集成电路	197
项目小结	204
项目练习题	205
项目 11 收音机电路的安装、焊接与调试	206
11.1 电子元器件装配前的加工	206
11.2 电子元器件的焊接	210
11.3 工厂焊接设备与工艺	218
项目小结	232
项目练习题	232
项目 12 正弦波信号发生器的安装、焊接与调试	233
附录 模拟电子技术的基本实验	237
实验一 固定偏置式三极管放大器	237
实验二 带有负反馈的三极管放大器	239
实验三 集成运放的线性应用	241
实验四 集成运放的非线性应用——电压比较器	244
实验五 正弦波信号发生器	248
实验六 集成功率放大器	249
实验七 直流稳压电源	250
参考文献	254

绪论

世纪交替,风云际会。世界正在受到新科技革命浪潮的冲击,科学技术正处在历史上最伟大的变革时期。在 20 世纪为人类生产和生活条件的改善作出巨大贡献的电子技术,仍然充当着新世纪高新技术的领头羊。电子技术的发展历史很短,迄今不过百年,却从根本上改变了世界的面貌。纵观电子技术的发展历程,炎黄子孙将感到振兴中华的责任重大而迫切,中国的科学技术面临着国情的挑战,面临着世界的挑战,面临着 21 世纪的挑战。

电子技术的发展大致可分为三个阶段。20 世纪 20 年代到 40 年代为第一阶段,以电子管为标志,由此促使了电子工业的诞生,发展了无线电广播和通讯产业。1946 年诞生的世界上第一台电子计算机(美国制造,名为 ENIAC)可以认为是这个阶段的典型代表和终极产品。虽然它的运算速度有 5000 次/秒,却是一个重为 28 吨、体积为 85 立方米、占地 170 平方米的庞然大物。它由 18000 个电子管组成,耗电 150 千瓦,其内部的连线总长可以绕地球 20 圈。

1948 年,第一只半导体三极管的问世,标志着电子技术第二阶段的开始,掀起了电子产品向小型化、大众化和高可靠性、低成本进军的革命风暴。半导体进入电子领域,促进了无线广播电视和移动通讯的高度发展,使得计算机的小型化变为现实,导致了人造地球卫星遨游太空。电子产品逐渐由科研和军用领域向民用领域普及,极大地改善了人们的生活质量。

到 20 世纪 70 年代,集成电路的使用已经不再新奇,电子技术步入了第三个发展阶段。正是在这个阶段,电子技术飞速发展,各种电子产品如雨后春笋般涌现,世界进入了空前繁荣的电子时代。电子计算机朝着大型化和微型化发展,其应用领域由科研转向工业及各个行业,自动控制、智能控制得以真正实现,航天工业得到从未有过的发展。随着制造工艺的提高,在一块 36 平方毫米的硅片上制造 100 万只三极管已经不是梦想。1999 年美国英特尔公司宣布,其生产的奔腾 4CPU,在一块芯片上集成了 2975 万只三极管,使微型机的运算速度远远超过以往的大型计算机。掌上电脑已经问世,移动通讯已发展到全球通,数字式 CDMA 通讯技术已非常成熟,手机已不再是奢侈品。笔记本电脑正在把人们的工作地点从

办公室里解放出来。家用电器基本普及,使人们的生活质量大幅提高,中国古代传说中的“千里眼”和“顺风耳”都在电子技术的发展过程中变成现实。人们可以“上九天揽月”,能够“下五洋捉鳖”。2003年,人类将高度智能化的火星探测器送上火星,研制成功了可用于修补大脑的集成电路芯片,量子计算机的基本电路也研制成功。这一切都有赖于电子技术的巨大成就。可以预料,在新的世纪里,电子技术仍将高速发展,其所能达到的水平和发展速度,无论你怎么想象都不过分。

我国的电子工业在新中国成立前基本上是空白。新中国成立后,在一大批归国科学家的引领下,于1956年自主生产出第一只半导体三极管,1965年生产出第一块集成电路,1983年研制出银河Ⅰ型亿次计算机,标志着中国的计算机行业迈入了巨型机的行列。1992年我国又研制出银河Ⅱ型十亿次计算机,1995年研制成功的曙光1000型并行处理计算机,其运行速度可达25亿次/秒。2003年,曙光4000L百万亿数据处理超级服务器研制成功,每秒峰值速度达到6.75万亿次。2009年,千万亿次/秒的数据处理超级计算机在国防科技大学研制成功,标志着中国的计算机设计与制造水平步入了世界最前沿。神舟5号、神舟6号和神舟7号载人飞船成功地进行了航天飞行,实现了中国人在太空漫步。我国的电子工业从无到有,从小到大,虽然起步晚,但起点高,现在我国家用电器的产量已居世界第一,质量提高也很快。神舟系列载人飞船的成功发射和回收,标志着我国在空间技术领域已跃居世界前列。这些成就的取得,电子技术功不可没。尽管如此,我国在电子核心元器件的生产和高级电子产品等方面,与发达国家相比还有较大差距。努力缩小差距,赶超世界先进水平,这正是历史赋予我们这一代人的光荣使命。

电子技术的知识范围很广,其分支也很多,有些分支已发展成为一门独立的学科,如计算机、单片机、晶闸管、可编程控制器等。但这些学科的知识基础仍然是电子技术。

从对信号的处理方式上来分,电子技术可分成模拟电子技术和数字电子技术。模拟电子技术是研究使用硅、锗等半导体材料做成的电子器件组成的电子电路,对连续变化的电信号(如正弦波)进行控制、处理的应用科学技术。比如我们日常生活中使用的固定电话、收音机、电视机等都属于模拟电子技术应用的产品。数字电子技术是研究处理二值数值信号的应用科学技术。像VCD机、DVD机、数码照相机、数码摄像机和计算机都是数字电子技术应用的典型产品。现代电子技术的发展,已经将模拟电子技术和数字电子技术融为一体,在一个电路甚至是一个芯片中,将模拟信号和数字信号同时进行处理,比如移动通信所使用的手机,就是将语音这样的模拟信号进行数字化处理后再发射出去。

从电子技术所包含的内容上来分,电子技术可以分成电子元件和电子电路两部分。在电子元件这部分内容中,主要研究各种电子元件的结构、特点、主要参数和生产工艺,其设计和制造属于电子技术的一个重要领域,但不在本书的研究范围内。电子电路是把电子元件按照对电信号处理的要求进行一定的连接,以实现预定的功能。

高等职业院校电类专业的学生都必须学习模拟电子技术这门课,这是电子技术入

门性质的课程。这本教材将把现代电子技术中最需要的基础内容加以阐述,当然也要涉及到一些电子技术在生产和生活方面的实际应用。我们要学习现代电子技术中的基本概念和基本原理,学习基本的电子电路和新型的电子电路,掌握电子电路的分析方法,认识和使用现代电子技术中常用的电子元器件和新型元器件,要学习现代电子电路设计的新思想和新方法,了解现代电子技术的新工艺和新技术,还要学习电子电路中常用的传感器件,学会读电子电路图,这样才能掌握比较扎实的电子技术基础,为学习电子技术专业课打下良好的基础。

电子技术是一门实践性很强的课程,我们要在学习理论的基础上,多参与实践,通过做电子实验和参加电子技能实训,学习和掌握电子技术方面的基本技能。同学们通过学习电子技术要达到四会:会认识和检测常用电子元器件;会认识和分析常用基本电子电路;会焊接和安装小型电子电器产品;会调试和维护小型电子系统。

通过实践你会发现,电子技术就在你的身边,学习电子技术,会激起你的极大兴趣,会给你带来无穷的欢乐。让我们共同遨游在电子世界的海洋里,为社会的发展和进步,为人类生活得更加美好,做一名合格的建设者。当然,你也会分享到社会进步带给你的幸福。

项目1

晶体二极管及其应用

【知识目标】

1. 了解半导体的基本知识,理解 PN 结的单向导电性。
2. 熟悉二极管的电路符号和特性。
3. 熟悉整流二极管和发光二极管的实际应用。
4. 了解其他类型的二极管。
5. 熟悉用万用表检测二极管的方法。

【技能目标】

1. 能用目视法判断识别常见二极管的种类,能正确说出各种二极管的名称。
2. 对二极管上标识的型号能正确识读,了解该二极管的作用和用途。
3. 会用万用表对各种二极管进行正确测量,并对其质量做出评价。
4. 会按照电路图连接使用二极管进行整流的实用电路。

【学习方法】

通过对各种二极管实物进行认识和检测,学习了解二极管的特点,判别二极管质量的好坏。通过亲自连接一些使用二极管的实际电路,掌握二极管的技术指标和用途。

【实施器材】

1. 各种类型、不同规格的新二极管若干。
2. 各种类型、不同规格的已经损坏的二极管若干(可到电子产品维修部寻找)。
3. 每两个人配备指针式万用表和数字式万用表各一只。
4. 在连接电路中用到的其他电子元器件。

【初识二极管】

一向沉默于世的半导体自从诞生了二极管和三极管,顿时身价倍增,竟然成为引领世界技术革命的急先锋。你认识二极管吗? 其实它就在你的身边,至少如图 1-1 右边所示的两个发光二极管,你会在各种家用电器的面板上见过它们,一般是用来做电源指示灯的。你也许使用过电褥子,实际上你只要把电褥子的开关打到保温挡,就把一个如图 1-1 左下角所示的一个二极管串在了电路里,电褥子消耗的电功率就可大约降为原来的五分之一,电褥子也就不那么热了。

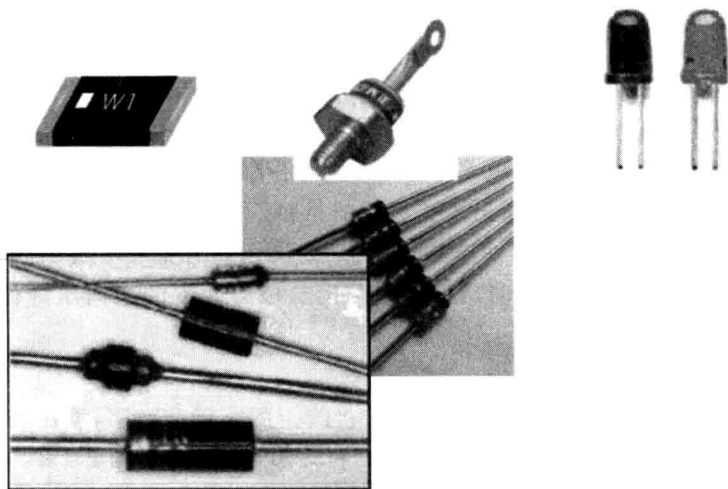


图 1-1 常用二极管的外形

别小看这些二极管,现代世界还真是离不开它们。人们日常使用的手机、MP3 和 MP4,里面都有二极管的身影。电视机、DVD 机、功率放大器等家用电器,表面上看是使用交流 220 V 电压供电,但实质上,在这些家用电器的内部,都是使用了二极管,才把交流电变成直流电,为电子电路的工作提供电源。就连用来给手机充电的充电器,里面也离不开二极管,否则充电器就不能给电池充电了。二极管的作用远不止这些,学习了关于二极管方面的知识,再结合各种实际电路亲手做一下,就会发现:原来二极管的用途还真多,学习电子技术也并不难,电子技术就在你的身边。

【现学现用】

在二极管的外壳上均印有一些字母、数字和符号,它们是用来表示二极管的型号和正负极的。表示二极管正负极的标记方法有箭头、色点和色环三种。用箭头表示二极管的正负极时,箭头所指方向为二极管的负极;通常标有白色或红色色点的一端是二极管的正极;1N40 $\times\times$ 系列二极管上大多标有黑色或银色的色环,靠近色环的一端是二极管的负极。

要注意的是,有些厂家的标记方法例外,这时最好用万用表测量一下再做出判断。

用万用表的欧姆挡对二极管的正负极和质量进行判别,具体过程如下:

(1) 判别二极管的极性

将指针式万用表的挡位选在 $R\times 1\text{ k}$ 挡,两只表笔分别接二极管的两个电极。若测出的电阻值较小(硅管为几百 $\Omega\sim$ 几千 Ω ,锗管为 100 $\Omega\sim 1\text{ k}\Omega$),表示二极管处在正向导通状态,此时黑表笔接的是二极管的正极,红表笔接的则是负极;若测出的电阻值较大(几十 $\text{k}\Omega\sim$ 几百 $\text{k}\Omega$),为反向截止,此时红表笔接的是二极管的正极,黑表笔接的则是负极。

(2) 判别二极管的好坏

可通过测量正、反向电阻来判断二极管的好坏。一般小功率硅二极管正向电阻为几百 $\text{k}\Omega\sim$ 几千 $\text{k}\Omega$,锗管为 100 $\Omega\sim 1\text{ k}\Omega$ 。二极管的反向电阻均应为 200 $\text{k}\Omega$ 以上,接近无穷大为最好。

(3) 判别制作二极管的材料是硅还是锗

制作二极管的材料一般使用单晶硅或者单晶锗,用这两种材料制作的二极管在导通时

压降不同,硅材料二极管的正向导通压降是 $0.6\sim 0.7\text{ V}$,锗材料二极管的正向导通压降是 $0.1\sim 0.3\text{ V}$ 。

可以用数字式万用表直接测量出二极管的材料,将数字式万用表的挡位选在测量二极管的挡位上,当表的屏幕上有数字显示但不是“1”时,此时表上显示的数值就是二极管的正向导通压降,根据显示的数值大小,马上就能判断出该二极管的材料。

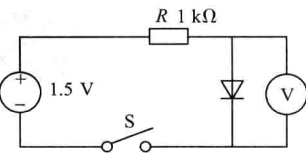


图 1-2 二极管材料判别接线图

也可以将二极管接在一个电源回路中,如图 1-2 所示。合上电源开关,二极管处于导通状态,这时用万用表测出二极管两端的正向压降值,即可判断出该二极管的材料。

【识别与检测】

对各种二极管进行实物认识,读出印刷在二极管上的字母和数字,填在表 1-1 中。

表 1-1 用指针式万用表对二极管的正向电阻和反向电阻进行测量的记录表

序号	二极管上的字母和数字	正向电阻值	反向电阻值	万用表挡位	二极管质量判断	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						

(1)将指针式万用表的挡位选择在 $R\times 1\text{ k}$ 挡,对各种类型的二极管进行测量。每个二极管进行两次检测,分别测量出二极管的正向电阻值和反向电阻值,将测量值填在表 1-1 中。万用表与二极管的连接方法如图 1-3 所示。

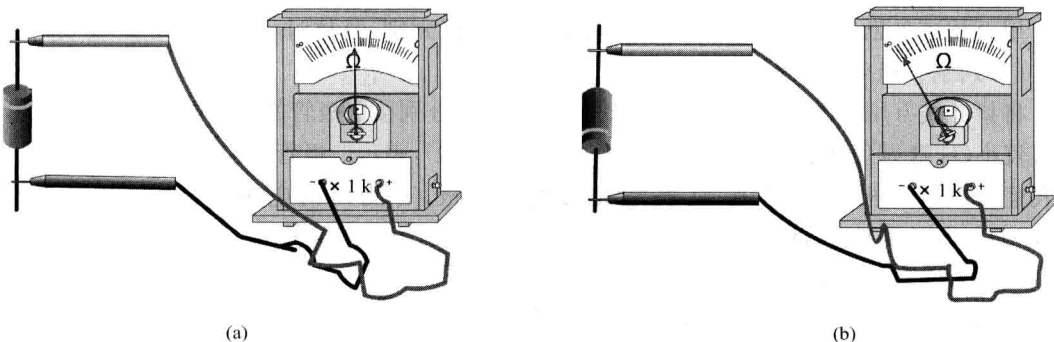


图 1-3 用万用表对二极管正向电阻和反向电阻进行测量的连接方法

(2)将数字式万用表的挡位选择在测量二极管的挡位,对各种类型的二极管进行测量,测量出二极管的正向电阻、反向电阻和正向导通压降,将测量值填在表 1-2 中。

表 1-2 用数字式万用表对二极管的正向电阻、反向电阻和正向导通压降进行测量的记录表

序号	二极管上的字母和数字	正向电阻值	反向电阻值	万用表挡位	正向导通压降	二极管材料判断
1						
2						
3						
4						
5						
6						

【实验演示】 利用二极管的单向导电性控制用电器的实际功率

利用二极管的单向导电性,可以把交流电变成直流电,如果采用如图 1-4 所示电路,则输出的直流电压的平均值大约是输入交流电压有效值的一半,利用这一特点可以实现对用电器的功率控制。在这个图中,已经把实际的二极管用一个图形符号表示出来了。人们日常生活中使用的床头灯、电火锅、电褥子,都属于电热产品,当不需要它们工作在额定功率时,可以将其实际功率变为额定功率的大约五分之一。用一个白炽灯泡作为负载时,其亮暗的变化程度非常明显,可以清楚地看到功率控制的作用。

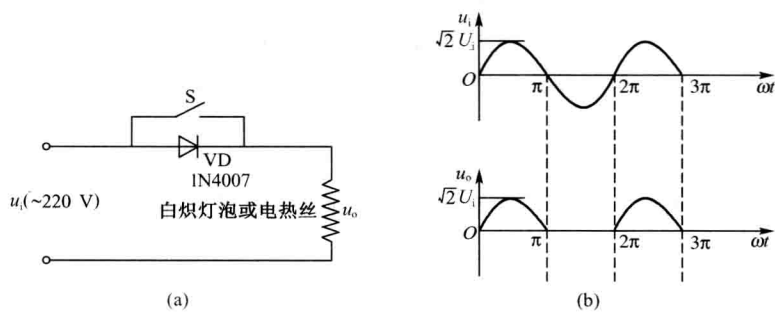


图 1-4 简单实用的功率控制电路和二极管前后的电压波形图

用双踪示波器同时将二极管前后的波形显示出来,能非常明显地看出,交流电已经变成了脉动的直流电,交流电的正半周通过了二极管,而交流电的负半周没有通过二极管,所以说,二极管具有单向导电性。正是利用了这个特点,用电器的实际功率大大减小了。

图 1-4 中的开关可以买一个常见的拉线开关或是按键开关,将二极管接在开关的两个接线柱上,不用考虑正负极。二极管的型号要看被控电器的功率而定,对于家用的床头灯、电热毯而言,选取 1N4004 或者是 1N4007 即可,其耐压分别为 400 V 和 1000 V,允许通过的正向电流为 1 A,对于额定功率在 200 W 以下的用电器都能满足要求。若用电器是一个电火锅,其额定功率一般在 1000 W 左右,可以选用两只 1N5404 或五只 1N4007 并联使用(要注意正极和正极相接),只要电流能满足要求就行。将开关串接在原来用电器电源线中

的一根导线上,可以实现功率控制的用电器就改造成功了。花上不到两元钱,就改造了一个用电器,是不是很实用啊?

【知识链接】

1.1 半导体与 PN 结

自然界中的物质,按其导电能力可分为导体、半导体和绝缘体。金、银、铜、铝等金属材料是导体,塑料、陶瓷、橡胶等材料是绝缘体,这些材料在电力系统中得到了广泛的应用。还有一些物质如硅、锗等,它们的导电能力介于导体和绝缘体之间,被称为半导体。20 世纪 40 年代,科学家在实验中发现半导体材料具有一些特殊的性能,并制造出性能优异的半导体器件,从而引发了电子技术的飞跃。

1.1.1 本征半导体

纯净的半导体被称为本征半导体。本征半导体需要用复杂的工艺和技术才能制造出来,半导体器件的制造首先要有本征半导体,这也是半导体材料没有导体和绝缘体材料应用早的原因。目前用于制造半导体器件的材料主要有硅(Si)、锗(Ge)、砷化镓(GaAs)、碳化硅(SiC)和磷化铟(InP)等,其中以硅和锗最为常用。硅和锗都是四价元素。

1. 本征半导体中的两种载流子——电子和空穴

在室温下,本征半导体中的少数价电子因受热而获得能量,摆脱原子核的束缚,从共价键中挣脱出来,成为自由电子。与此同时,失去价电子的硅或锗原子在该共价键上留下了一个空位,这个空位称为空穴。电子与空穴是成对出现的,所以称为电子-空穴对。在室温下,本征半导体内产生的电子-空穴对数目很少。当本征半导体处在外界电场中时,其内部自由电子逆外电场方向作定向运动,形成漂移电子流;空穴顺外电场方向作定向运动,形成漂移空穴流。自由电子带负电荷,空穴带正电荷,它们都对形成电流作出贡献,因此称自由电子为电子载流子,称空穴为空穴载流子。本征半导体在外电场的作用下,其电流为电子流与空穴流之和。

2. 本征半导体的热敏特性和光敏特性

实验发现,本征半导体受热或光照后其导电能力大大增强。

当温度升高或光照增强时,本征半导体内的原子运动加剧,有较多的电子获得能量成为自由电子,即电子-空穴对增多,所以本征半导体中电子-空穴对的数目与温度或光照有密切关系。温度越高或光照越强,本征半导体内的载流子数目越多,导电性能越强,这就是本征半导体的热敏特性和光敏特性。利用这种特性就可以做成各种热敏元件和光敏元件,它们在自动控制系统中有广泛的应用。

3. 本征半导体的掺杂特性

实验发现,在本征半导体中掺入微量的其他元素,会使其导电能力大大加强。例如,在硅本征半导体中掺入百万分之一的其他元素,它的导电能力就会增加一百万倍。这就是本征半导体的掺杂特性。掺入的微量元素称为杂质,掺入杂质后的本征半导体称为杂质半导体。杂质半导体有 P 型半导体和 N 型半导体两大类。