

高等职业教育电子信息类专业
“双证课程”培养方案配套教材

国家信息化
计算机教育认证
CEAC
认证教材

电子产品制作职业
核心能力课程

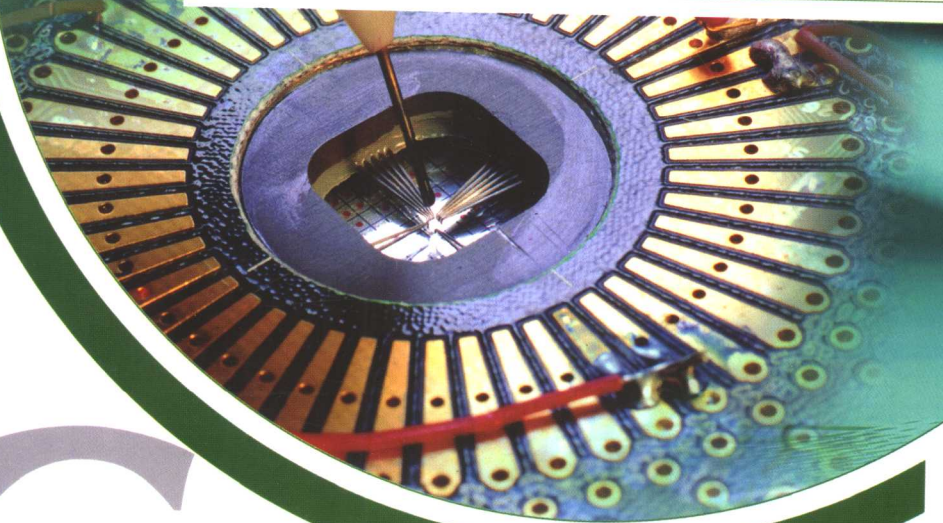
电子技术初步 (模拟电路)

中国高等职业技术教育研究会

指导

CEAC 信息化培训认证管理办公室

组编



高等教育出版社
Higher Education Press

高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材

电子产品制作职业核心能力课程

电子技术初步(模拟电路)

中国高等职业技术教育研究会 指导
CEAC 信息化培训认证管理办公室 组编

高等教育出版社

内容提要

本书采用“就业导向的职业能力系统化课程及开发方法（VOCSCUM）”进行开发，是国家教育科学“十五”规划国家级课题“IT领域高职课程结构改革与教材改革的研究与实验”的研究成果之一，作为“高等职业教育电子信息类专业‘双证课程’培养方案配套教材”之一，同时也是“CEAC 国家信息化培训认证”的指定教材，具有鲜明的特色，可作为高职高专院校电子信息类专业教材。

本书是“电子产品制作”职业能力课程的第二阶段课程的教材。本书主要涉及电子技术初步（模拟电路）知识。这一部分内容作为就业导向的“双证”教学体系的培训中心课程。本书摆脱了以往基础课程“定理—推导—验证”的模式，本着知识够用为度和理论与实训相结合的思路展开，在介绍理论知识的同时，嵌入了大量的实训案例，使枯燥的概念和生动的实际操作相结合，为学习后续课程打下了基础，并储备了实际操作的经验。

本书共6章，主要内容有常用分立电子元器件结构及测试、基本放大电路、集成运算放大电路、反馈与振荡、直流稳压电源。并在各章分别安排了电子元器件应用初步和电子电路综合技能实训。最后介绍了电子产品整机装配基础。

本书适合于高等职业院校、高等专科学校、成人高等院校、本科院校举办的职业技术学院的电子信息类专业教学使用，也可供继续教育学院、民办高校、技能型紧缺人才培养使用。

图书在版编目（CIP）数据

电子技术初步. 模拟电路 / CEAC 信息化培训认证管
理办公室组编. —北京：高等教育出版社，2006.3
ISBN 7-04-018738-8

I. 电... II. C... III. ①电子技术—教材②模
拟电路—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 015535 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京奥鑫印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 14.75
字 数 350 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 3 月第 1 版
印 次 2006 年 3 月第 1 次印刷
定 价 21.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18738-00

高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材

编审委员会

顾	问	张尧学	葛道凯	季金奎	刘志鹏	洪京一
		李宗尧	范唯	吴爱华	宋玲	张方
		尹洪	李维利	周雨阳		
主	任	高林				
委	员	张晓云	杨俊清	姜波	周乐挺	戴荭
		潘学海	王金库	杨士勤	李勤	雷波
课程审定		高林	许远	鲍洁		
内容审定		樊月华	袁枚	王晖	黄心渊	
行业审定		洪京一				
秘书长		曹洪波	杨春慧			

电子技术初步(模拟电路)

主	编	周乐挺	
副主	编	李春祎	宋涛
参	编	高梅	李香服
主	审	杨雯	王俊伟

国家教育科学“十五”规划国家级课题“IT 领域高职
课程结构改革与教材改革的研究与试验”研究成果
高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材

出版说明

目前,我国的高等职业教育正面临着新的形势——以“就业导向、产学结合、推行双证、改革学制、订单培养、打造银领”为主要特点,以培养高技能的技术应用型人才为根本目的。专业建设和课程开发历来是教育改革的核心与突破口。经过十年来的发展,高职教育虽然取得很大进展,但课程模式、教学内容等还有学科系统化的本科压缩型痕迹。尽管从国外引进了许多先进的课程模式和教育思想,但由于国情的不同并且缺少具有中国特色的课程开发方法,目前成功案例也不多。

本套课程改革系列教材采用了经教育部鉴定的“就业导向的职业能力系统化课程及其开发方法”,贯彻了“理念创新、方法创新、特色创新、内容创新”四大原则,在教材建设上进行了改革和探索,是当前高等职业教育教学改革与创新思想的集中体现,主要表现在以下几点:

一、突出行业需求,符合教学管理要求,采用先进开发方法

(1) 依据行业企业需求开发。配套教材是根据信息产业发展对复合型高技能人才需求的特点,并结合最新推出的“CEAC—院校 IT 职业认证证书”标准要求编写而成。认证证书表明持证人具备了相应认证的技术水平和应用能力,它可以作为相关岗位选聘人员、技术水平鉴定的参考依据。将其引入学历教育,可以使高职高专学生在不延长学制的情况下,获得职业证书,以提高就业的竞争力。

(2) 依据最新专业目录开发。配套教材以教育部最新制定的《普通高等教育学校高职高专教育指导性专业目录》中的电子信息大类专业(大类代码:59)设置为依据,进行课程建设。

(3) 采用先进课程开发方法。配套教材采用教育部推荐的“就业导向的职业能力系统化课程及其开发方法(VOCSCUM)”集中反映了高等职业教育课程的基本特征。该方法指出,在高等职业教育突破学科系统化课程模式后,应实施系统化的职业能力课程,在课程模式和开发方法中强调就业导向、产学结合和双证书教育等。VOCSCUM 是在高等职业教育课程理论研究的基础上,借鉴国际先进的职业教育课程模式,尤其是澳大利亚和德国的经验,并结合中国国情研制和开发的一套具有自主知识产权的课程模式和开发方法,它适用于两、三年制的高等职业教育。该方法的基本思想已得到教育部领导的肯定,并在教育部组织的高等职业教育四类紧缺人才培养方案制定中进行试用。

二、体现职业核心能力的教材编写思路

上述的思想方法集中体现于《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”解决方案(两、三年制适用)》(以下简称“解决方案”)一书中。“解决方案”的出版得到教育部高等教育司、信息产业部信息化推进司、劳动和社会保障部职业技能鉴定中心领导的极大关注和大力支持,并对本书

的出版给予了具体的指导。2005年,信息产业部“国家信息化计算机教育认证项目(CEAC)”的管理机构在“解决方案”的基础上编制了《CEAC高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案》(以下简称“培养方案”),并配套开发了职业认证证书,每个专业的培养方案中,有7~8门课程与相应的职业培训证书对应。

根据“培养方案”,我们组织编写了一系列的通识课程教材、职业能力核心课程教材,同时将部分教材作为获得“CEAC—院校IT职业认证证书”的认证培训教材。

我们按照VOCSCUM课程开发方法的要求,开发纵向为主、横向相关的链路课程(Chain Curriculum)教材,并对程序设计、数据库开发、网络系统配置、网页设计与网站建设、电脑平面设计、电子产品制作职业核心能力课程中的认证课程,配套研发了立体化教学考核支持系统,以保证这些课程的授课质量。

本系列配套教材不仅覆盖计算机办公应用、软件开发技术、网络技术等常规认证课程,还包括了硬件技术、微电子应用、通信技术、数字制造技术、集成电路设计、应用电子技术、信息管理等专业领域的主要课程,可供高等职业教育电子信息类两、三年制各专业使用。

本系列配套教材将于2005年陆续出版,当年先出版40余种,其余力争2006年底全部完成。

三、不断凝聚、扩大共识,推动高职IT课程改革

为了调动广大高等职业学校的优秀教师参加该系列配套教材编写的积极性,相关教材的出版采取“滚动机制”,除了组织示范性链路课程的配套教材出版外,我们还接受有关教师结合自身教学实践并按照“解决方案”编写的教材投稿,经过审核合格后,作为国家教育科学“十五”规划国家级课题——“IT领域高职课程结构改革与教材改革的研究与试验”的研究成果列入出版计划。热忱欢迎广大高等职业院校电子信息类教师和我们更加深入地研究、引进、摸索、总结IT类专业与课程开发经验,通过推广开发的课程,树立高等职业教育品牌,将高等职业教育课程的改革引向深入。

高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材编审委员会秘书处设在信息产业部CEAC信息化培训认证管理办公室。

本系列配套教材是教育部、信息产业部组织相关专家编写共同推出的双证教材,在信息产业部信息化推进司的领导下,CEAC信息化培训认证管理办公室专门配套了与课程体系相关的“CEAC—院校IT职业认证证书”标准,供高等职业学校在选择IT认证培训证书时选用。我们也热忱欢迎其他的职业资格证书和培训证书的管理机构与我们合作,设计出更多的证书体系与课程体系的接口方案。

本系列配套教材是集体的智慧、集体的著作,参加本书编撰工作的人员对社会各界的支持表示感谢。

由于时间仓促,本书不可避免地存在这样或那样的不足,甚至由于学识水平所限,虽竭智尽力,仍难免谬误,希望专家、同行、学者给予批评指正。

高等职业教育电子信息类专业“双证
课程”培养方案配套教材编审委员会

2005年8月

序

我很高兴看到,作为教育部重点课题“高职高专教育课程设置和教学内容体系原则的研究与实践”的研究成果之一,国家教育科学“十五”规划国家级课题——“IT领域高职课程结构改革与教材改革的研究与试验”课题组所编撰的《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”解决方案(两、三年制适用)》(以下简称“解决方案”)以及高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材分别由科学出版社和高等教育出版社出版了。

我国高等职业教育面临着新的转折点。随着国民经济健康、持续的发展,我国越来越需要大批高素质的实用型高级人才。如何培养职业人才呢?教育部提出了“以就业为导向”的指导思想,在这个思想的指导下,高等职业教育的人才培养模式正在发生巨大变革。例如,产学结合、两年学制、推行双证、建设实训基地等,都是围绕就业导向而采取的一系列重要措施。

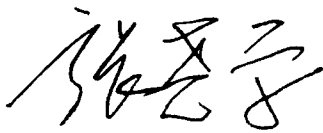
信息产业是我国支柱产业之一,它需要大批高素质的高级实用人才。《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”解决方案》以及高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案配套教材的出版对促进高等职业教育IT类人才培养、我国IT产业的发展、进一步改革高等职业教育人才培养模式都具有积极意义,它的创新之处主要在于:

(1)“解决方案”以及配套教材是依据行业企业需求开发的,它根据信息产业发展对复合型高技能人才需求的特点,结合信息产业部最新推出的“CEAC—院校IT职业认证证书”标准要求编写而成。认证证书表明持证人具备了相应技术水平和应用能力,它可以作为相关岗位选聘人员、技术水平鉴定的参考依据。将其引入学历教育,可以使高职高专学生在不延长学制的情况下,获得证书,以提高就业的竞争力。

(2)“解决方案”以及配套教材是根据教育部最新制定的《普通高等教育学校高职高专教育指导性专业目录》开发的,并以其中的电子信息大类专业(大类代码:59)设置的情况为依据,对于高等职业院校两年制IT类专业学校来说,具有较大的参考价值。

(3)“解决方案”以及配套教材采取了先进的课程开发方法,采用了已经通过部级鉴定的“就业导向的职业能力系统化课程及其开发方法(VOCSCUM)”。该方法现已作为优秀案例列入教育部高等教育司组织编写的“银领工程”系列丛书,值得高职高专院校借鉴。

我希望,从事IT类高等职业教育的老师以及在该领域学习的学生能从“解决方案”以及配套教材中得到较大的收获。



2005年6月17日

序

高等职业教育电子信息类专业“双证课程”解决方案和高等职业教育电子信息类“双证课程”培养方案配套教材在课题组成员的努力、众多专家和机构的支持下,终于取得了丰硕的成果。“解决方案”不仅较一年前的初稿有了很大的改进,而且与行业企业的需求越来越近,同时配套教材已由高等教育出版社陆续出版了。

《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”解决方案》和高等职业教育电子信息类“双证课程”培养方案配套教材的编撰出版直接源于国家级和教育部的两个课题研究成果。教育部门根据信息产业发展对人才的需求,对高等职业教育的 IT 类课程进行了改革,并大力推进两年制软件职业技术学院的发展。教育课程的改革为行业的发展不断输送适用的技术应用型人才,有力地促进了我国信息化的进程。信息化推进司作为信息产业部负责推进信息化工作的职能部门,积极支持并参与该课题的研究工作,同时责成我司主管“国家信息化计算机教育认证项目”的负责同志为该项目研究提供支持,并配合该项目推出了“CEAC—院校 IT 职业认证证书”标准。

这种由 IT 领域的教育专家和信息产业行业部门合作,在对信息产业行业的人才需求进行调查分析的基础上,有针对性地设计符合信息产业发展需求的人才培养方案,并由行业部门配套职业证书,既有利于培养符合需求、适销对路的人才,又有利于信息产业的发展,也有利于教育部门根据市场需求办学,提高办学效益,这实在是一件双赢的好事。

鉴于“解决方案”配套教材符合“推进信息化建设、促进信息化知识培训”的工作宗旨,我们将支持上述研究成果和教材的推广工作。希望参与该项工作的同志继续努力,以求好上加好、精益求精,为推动信息产业人才培养和我国的信息化建设继续做出更多的贡献。



2005 年 6 月 17 日

前 言

随着我国高等职业技术教育教学改革的不断发展,电子技术这门电子、电气类专业的基础课也面临着新的挑战,如何适应高等职业技术教育培养技术性、应用型人才的目标,如何做到基础知识够用为度,如何加强学生的动手操作能力,也就成为“电子技术基础”课程的研究课题。为此,我们将“电子技术基础”课程改为“电子技术初步(模拟电路)”和“电子技术初步(数字电路)”。我们做的不仅仅是名称的简单变换,更重要的是它的教学目标和课程路线的转变,从而体现出它的新颖性和实用性。

本教材是采用获得国家教学成果奖的“就业导向的职业能力系统化课程及开发方法”(简称VOCSCUM),对“应用电子技术”专业进行职业能力课程开发的成果。根据“应用电子技术”专业的三大职业核心能力,我们分别建构了“电子产品制作”、“电子产品维护”、“电子技术设计”三条职业能力培养的链路课程。每个链路课程反映掌握专门技术从易到难的训练过程,也是理论知识学习从易到难的过程。

进行课程开发时,我们把每个链路看成一个整体工作任务,从问题中心课程开始,至任务中心课程结束,使学生通过链路课程完整体验实际完成任务的过程。链路课程共分为四个阶段,分别为Step 1、Step 2、Step 3、Step 4。在横向的链路课程形成递进的层次关系的同时,纵向的链路课程之间形成相关性。各阶段课程的任务如下:

Step 1: 激发性课程,基于工作过程的技术感受经历。

使学生了解本项工作的整体过程,激发学生学习技术的兴趣,结合工作过程的讲解,对技术和相关理论知识的认知做简单介绍,采用问题中心范型的课程。

Step 2: 学科性课程,重点是学科知识的掌握、复用。

使学生掌握本项工作所需要的相关理论知识,部分涉及技术过程,涉及与本职业能力有关的各类学科知识,可以按照学科中心范型的课程或任务中心的课程来组织。

Step 3: 技术性课程,重点是技术知识的掌握、复用。

使学生掌握本项工作所需要的、结合现行具体工作岗位的关键技术技能,同时进一步深化、提高已经学习的理论知识。可以根据国家职业标准、行业技术培训标准,组织培训中心范型的课程。

Step 4: 训练性课程,目的是理论和技术的领会和内化。

通过选取典型的工作过程,编制综合实习、实训课程,全面领会、内化前三个阶段的知识和技能,同时讲授工作过程中的经验性知识,使学生成为“高技能人才”预备者。可以采用任务中心范型的课程。

“电子产品制作职业核心能力课程”(链路课程)如下表所示。

表 电子产品制作链路课程

课程阶段	Step1	Step2	Step3	Step4
课程名称	电路技术基础	电子技术初步(模拟电路、数字电路)	计算机辅助电路设计 Protel DXP	电子产品制作流程与实训
课程范型	问题中心	培训中心	培训中心	任务中心
对应职业能力	电子产品制作能力			
课程基础 (起点)	欧姆定律,电路基础知识	电路基础	1. 计算机基本操作 2. 有关电子工艺的基础知识 3. 电子技术知识	Protel 软件的操作方法,设计电路原理图的基本方法,设计 PCB 的方法
建议学时	64	128	64	64

本书是“电子产品制作”链路的第2阶段课程教材,该课程的开发遵循了设计微观课程原则——以应用为目的,从感性认识和实践入手,详细介绍电子技术初步(模拟电路)知识。本书可以作为就业导向“双证”教学体系的认证课程教材。本书摆脱了以往基础课程“定理—推导—验证”的模式,本着知识够用为度和理论与实践相结合的思路展开,在介绍理论知识的同时,嵌入了大量的实训案例,使枯燥的概念和生动的实际操作相结合,为学习后续课程打下了基础,并培养了实际操作的经验。

本书共6章,内容有常用分立电子元器件结构及测试、基本放大电路、集成运算放大电路、反馈与振荡、直流稳压电源、电子产品整机装配基础。在各章分别安排了电子元器件应用初步和电子电路综合技能实训。

本书的教学大纲分三类指标进行描述:

- (1) 理论性目标——应掌握的基本知识、基本理论;
- (2) 操作技能性目标——应掌握的基本技能、基本操作;
- (3) 经验性目标——在实际应用过程中的实际经验、应掌握的注意事项等。

本书由河北工业职业技术学院周乐挺任主编,河北工业职业技术学院李春祎和山东淄博职业技术学院宋涛任副主编。周乐挺编写了第6章和第1~6章中的实训章节,李春祎编写了第1~3章,宋涛编写了第4、5章,全书由周乐挺统稿,河北工业职业技术学院高梅、李香服等同志参与了本书的编写和校稿工作,北京电子科技职业学院杨雯、河北工业职业技术学院王俊伟审阅了本书,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。在本教材的编写过程中,得到了国家教育科学“十五”规划国家级课题组(“IT领域高职课程结构改革与教材改革的研究与实验”)、CEAC 信息化培训认证管理办公室、高等教育出版社的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。本教材建议学时为64学时,其中课堂教学38学时,实验和实训26学时。

由于将高职教学与职业资格认证结合,实行就业导向的“双证”课程体系是教育领域正在探索的和实践的课题,作为“双证”课程体系的教材,在编写思路和写作手法上,难免有疏漏不妥之处,敬请各位专家和本教材的使用者提出宝贵意见。

编者

2005. 8. 28

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑 孙 杰

责任编辑 许海平

封面设计 张 志

责任绘图 朱 静

版式设计 马静如

责任校对 尤 静

责任印制 陈伟光

目 录

第 1 章 常用分立电子元件结构及测试	1
1.1 电子元件类型	2
1.1.1 半导体的基本知识	2
1.1.2 二极管	6
1.1.3 三极管	10
1.1.4 场效应管	17
1.2 电子元件应用初步	26
1.2.1 了解常用电子元件的 购买渠道(课题 1)	26
1.2.2 常用半导体器件的特性 测量(课题 2)	26
1.2.3 常用电子元件选用的方 法和原则(课题 3)	29
本章小结	34
思考与练习题	35
第 2 章 基本放大电路	36
2.1 概述	36
2.2 共发射极放大电路	37
2.2.1 放大电路的组成和基本 概念	37
2.2.2 放大电路的分析方法	43
2.2.3 放大电路的改进	53
2.3 共集电极放大电路和共基极 放大电路	57
2.3.1 共集电极放大电路	57
2.3.2 共基极放大电路	59
2.3.3 三种基本放大电路的比较 与识别	61
2.4 多级放大电路	62
2.4.1 多级放大电路的耦合方式	62
2.4.2 多级放大电路的动态分析	64
2.5 场效应管放大电路	65
2.5.1 场效应管放大电路的静态分 析	66
2.5.2 场效应管放大电路的动态 分析	68
2.6 功率放大器	69
2.6.1 概述	69
2.6.2 双电源乙类互补对称功率 放大器	71
2.6.3 甲乙类互补对称功率放大 器	75
2.7 综合技能实训(1)	76
课题 常用仪器仪表的使用训练	76
本章小结	86
思考与练习题	87
第 3 章 集成运算放大电路	94
3.1 简介	94
3.1.1 差分放大电路	95
3.1.2 集成运算放大电路	98
3.2 信号运算电路	100
3.2.1 比例运算	100
3.2.2 加法运算	103
3.2.3 减法运算	104
3.2.4 积分和微分运算	104
3.3 信号处理电路	105
3.3.1 有源滤波电路	106
3.3.2 电压比较器	108
3.3.3 精密整流电路	111
3.4 综合技能实训(2)	113
课题 导线及其加工工艺	113
本章小结	125
思考与练习题	126

第4章 反馈与振荡	130	参数的选择	176
4.1 反馈的基本概念	130	5.3.3 集成稳压器	177
4.1.1 定义	131	5.4 综合技能实训(4)	185
4.1.2 反馈的类型和判别	132	课题 使用直流稳压电源	185
4.2 负反馈放大器	135	本章小结	186
4.2.1 反馈的表示法	135	思考与练习题	187
4.2.2 负反馈的四种基本类型	136	第6章 电子产品整机装配基础	188
4.2.3 负反馈对放大电路的影响	140	6.1 电子线路图读图基本知识	188
4.3 正反馈与自激振荡	143	6.1.1 电子线路图的分类	188
4.3.1 自激振荡	144	6.1.2 读图的一般方法	190
4.3.2 LC正弦波振荡器	146	6.2 印制电路板的制作	190
4.3.3 石英晶体振荡器	150	6.2.1 印制电路板的选择	190
4.3.4 RC正弦波振荡器	153	6.2.2 印制电路板的类型	191
4.4 综合技能实训(3)	157	6.2.3 印制电路板的材料	191
课题 焊接材料选用及其焊接		6.2.4 印制电路板的参数及选择	193
练习	157	6.2.5 印制电路板的印制	194
本章小结	159	6.2.6 印制电路板的化学刻蚀性	196
思考与练习题	160	6.2.7 印制电路板的机械加工	197
第5章 直流稳压电源	164	6.2.8 铜导体表面的清洗和保护	199
5.1 单相整流电路	165	6.2.9 双面及多层印制电路板	199
5.1.1 单相半波整流电路	166	6.2.10 印制电路板的质量检查	200
5.1.2 单相全波整流电路	166	6.3 焊接工艺	201
5.1.3 单相桥式整流电路	168	6.3.1 焊接的初步知识	201
5.1.4 倍压整流电路	170	6.3.2 焊接的基本要点	202
5.2 滤波电路	171	6.4 电子产品的调试技术与故障	
5.2.1 电容滤波电路	172	排除	207
5.2.2 电感滤波电路	174	6.5 综合技能实训(5)	210
5.2.3 LC滤波电路	174	课题 电子节能镇流器的制作	210
5.2.4 π 型滤波电路	174	本章小结	215
5.3 稳压电路	175	思考与练习题	215
5.3.1 硅稳压二极管稳压电路	175	参考文献	217
5.3.2 硅稳压二极管稳压电路			

第1章 常用分立电子元器件结构及测试



要求

- 掌握常用电子元器件的基本原理,学会测试半导体器件。



知识点

- 了解半导体器件的概念和分类
- 了解二极管、三极管的结构、表示方法
- 了解二极管、三极管的主要参数
- 了解几种特殊的二极管
- 了解场效应管的结构、分类和主要参数
- 理解PN结的形成和特性
- 理解二极管的伏安特性
- 理解三极管的放大原理
- 理解三极管的特性曲线
- 理解结型场效应管的工作原理及特性曲线
- 理解绝缘栅型场效应管的工作原理及特性曲线



技能点

- 常用电子元器件的购买渠道
- 选用电子元器件的原则
- 熟练掌握二极管和三极管的测量方法
- 熟练掌握电子元器件的选用方法



重点和难点

- PN结的特性
- 二极管、三极管和场效应管的特性曲线
- 三极管的放大原理
- 场效应管的工作原理

1.1 电子元件类型

1.1.1 半导体的基本知识

自然界中的物质,按其导电能力可分为导体、半导体、绝缘体。如金、银、铜、铁等金属材料,导电能力很强,称为导体;氦、氖、氩等惰性气体很难导电,称为绝缘体;而半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。常用的半导体材料有硅、锗、硒、砷化镓及金属的氧化物和硫化物等,其中以硅和锗最为常用。

1. 本征半导体

本征半导体是指纯净的、不含杂质的半导体。在近代电子学中,用得最多的半导体是硅和锗,它们都是四价元素,原子最外层有4个价电子。硅和锗的原子结构示意图如图1-1所示。

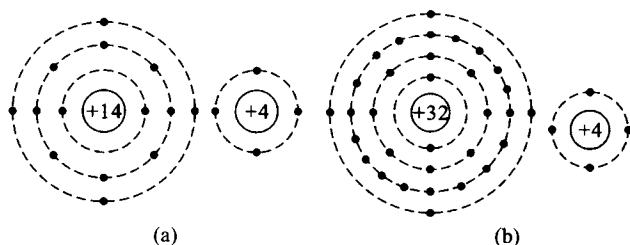


图1-1 原子结构示意图

(a) 硅 (b) 锗

在硅和锗等半导体材料中,内部原子排列是有规律的,即为晶体结构。晶体硅(或锗)的原子排列示意图如图1-2(a)所示。每个硅原子受邻近4个原子的束缚,组成4个共价键。共价键像纽带一样将排列整齐的原子连接起来,如图1-2(b)所示。由图1-2可见,各原子整齐而有规则地排列着,使每个原子的4个价电子不仅受自身原子核的吸引,而且还受相邻4个原子核的吸引,每一个价电子都为相邻原子核所共用,形成了稳定的共价键结构。每个原子核最外层等效有8个价电子,由于价电子不易挣脱原子核束缚而成为自由电子,因此,本征半导体导电能力较差。

但是,如果能从外界获得一定的能量(如光照、温升等),有些价电子就会挣脱共价键的束缚而成为自由电子,在共价键中留下一个空位,称为“空穴”。空穴的出现使相邻原子的价电子离开它所在的共价键来填补这个空穴,同时,这个共价键又产生了一个新的空穴。这个空穴也会被相邻的价电子填补而产生新的空穴,这种电子填补空穴的运动相当于带正电荷的空穴在运动,可以把空穴看成是一种带正电荷的载流子。空穴越多,半导体的载流子数目就越多,因此形成的电流就越大。在本征半导体中,空穴与电子是成对出现的,称为电子-空穴对,其自由电子和空穴数目总是相等的。本征半导体在温度升高时产生电子-空穴对的现象称为本征激发。温度越

高,产生的电子-空穴对数目就越多,这就是半导体的热敏性。

由以上分析可知,在半导体中存在着自由电子和空穴两种载流子,而导体中只有自由电子这一种载流子,这是半导体与导体的不同之处。

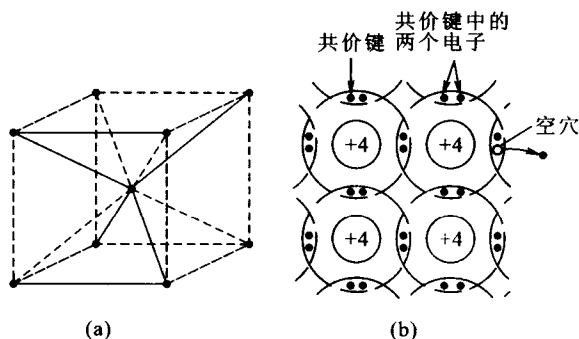


图 1-2 硅晶体结构和共价键结构示意图

(a) 晶体结构 (b) 共价键结构

2. 杂质半导体

本征半导体的导电能力差,但如果在本征半导体中掺入微量元素,可使其导电能力大大增强,这就是半导体的掺杂特性。掺入的其它微量元素称为杂质,掺入杂质的半导体称为杂质半导体。根据掺入杂质的不同,杂质半导体可分为 P 型半导体和 N 型半导体两大类。

(1) P 型半导体

如果在本征半导体硅(或锗)中掺入微量的三价元素,如硼(B)、镓(Ga)等,便可形成 P 型半导体,也叫空穴型半导体。

设在硅半导体中所掺入的三价元素是硼,由于硼原子有 3 个价电子,所以当 1 个硼原子与相邻 4 个硅原子组成共价键时,因缺少 1 个电子而形成 1 个空穴,如图 1-3 所示。每掺入 1 个硼原子就形成 1 个空穴,掺入的三价杂质越多,空穴的数目就越多,这样,使半导体中空穴的数目远多于由于热运动产生的自由电子数。空穴为多数载流子,简称多子;自由电子为少数载流子,简称少子。多子的浓度取决于掺入杂质的多少,少子是由于热激发形成的,其浓度与温度有密切关系。掺杂后,由于空穴数大大增多,故其导电能力也大大增强。显然,这种半导体主要靠空穴导电。

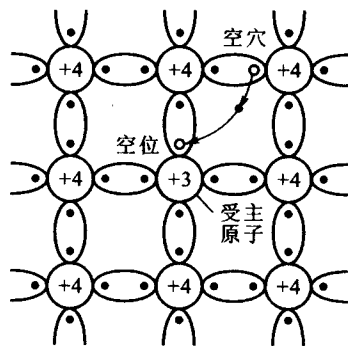


图 1-3 P 型半导体的共价键结构

掺入的三价杂质原子起着接受电子的作用,所以称为受主原子。每个受主原子接受 1 个价电子后都带上 1 个负电荷,因此杂质原子都变成了负离子,但整个 P 型半导体呈现电中性。杂质负离子被固定在晶格中不能移动,也不参与导电。

(2) N 型半导体

如果在本征半导体中掺入微量五价元素,如磷(P)、砷(As)等,便可形成 N 型半导体,也叫电子型半导体。