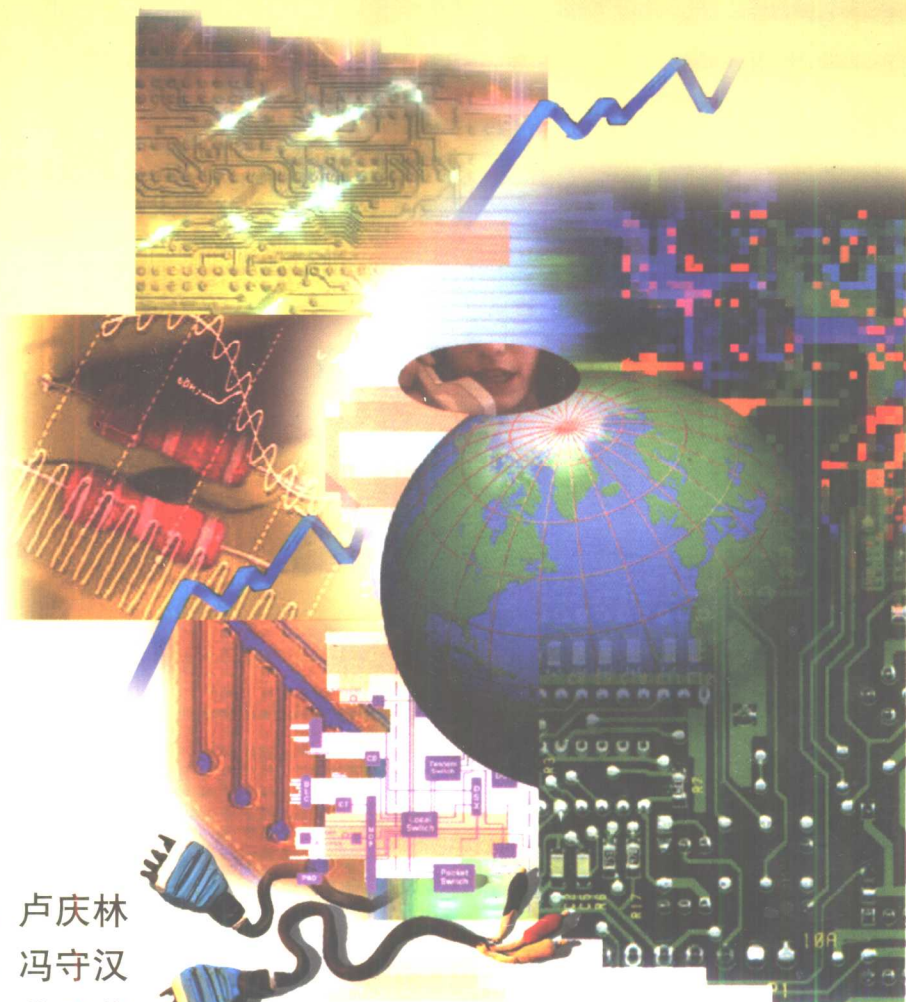


21世纪高职高专信息类专业系列教材

模拟电子技术



主 编 卢庆林
副主编 冯守汉
蒋正萍
主 审 任德齐

重庆大学出版社

21 世纪高职高专信息类专业系列教材

模拟电子技术

主 编 卢庆林
副主编 冯守汉 蒋正萍
主 审 任德齐

重庆大学出版社

1

· 内 容 提 要 ·

本书是根据高等职业技术教育信息类和其他相近专业“模拟电子技术”教学的基本要求组织编写的。全书共分十章,内容包括:半导体器件,基本放大电路,场效应管放大电路,集成运算放大器,负反馈放大电路,集成运算放大器的应用电路,波形发生器,功率放大器,直流稳压电源,晶闸管及其应用等。最后还结合高职教育的特点,提出了本课程的综合实训要求和若干参考性的实训方案供选用。各章后均有小结、思考题与习题,书末提供了部分习题的参考答案。

本书内容简明,文字精练,联系实际,重点突出,便于自学。可作为高职高专、成教计算机、电子、电气类和其他相近专业模拟电子技术课程的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员和业余爱好者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术/卢庆林主编. —重庆:重庆大学出版社,2000.7

21世纪高职高专信息类专业系列教材

ISBN 7-5624-2162-5

I. 模… II. 卢… III. 模拟电路-电子技术-高等教育-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 38636 号

21 世纪高职高专信息类专业系列教材

模拟电子技术

主 编 卢庆林

副主编 冯守汉 蒋正清

主 审 任德齐

责任编辑 何均正 肖顺杰

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆通信学院印刷厂印刷

开本:787×960 1/16 印张:18 字数:370 千

2000年8月第1版 2000年8月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2162-5/TN·33 定价:24.00 元

· 系列教材编委会 ·

主任单位：

重庆电子职业技术学院

副主任单位：

武汉职业技术学院

邢台职业技术学院

陕西工业职业技术学院

贵州大学职业技术学院

编委(以姓氏笔画为序)：

才大颖

王晓敏

王兆其

王柏林

刘真祥

刘业厚

刘建华

朱新才

李传义

吕何新

张学礼

张明清

张 洪

张中洲

张国勋

张西怀

李永平

杨滨生

林训超

赵月望

涂湘循

唐德洲

徐民鹰

曹建林

程迪祥

黎省三

· 系列教材参编学校(排名不分先后) ·

武汉职业技术学院
重庆电子职业技术学院
陕西工业职业技术学院
邢台职业技术学院
贵州大学职业技术学院
河南职业技术学院
三门峡职业技术学院
湖南工业职业技术学院
昆明大学
广西机电职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
昆明冶金高等专科学校
珠海职业培训学院
广东交通职业技术学院
浙江省树人大学
江西工业职业技术学院
成都航空职业技术学院
辽宁仪器仪表工业学校
北京信息职业技术学院
徐州交通职业技术学院
重庆大学职业技术学院
重庆邮电学院
重庆工业高等专科学校
重庆石油高等专科学校
重庆职工大学
西南农业大学
长沙航空职业技术学院
番禺职业技术学院

总序

当今世界,科学技术的发展日新月异。在这空前的技术发展进程中,电子信息技术以其独特的渗透力和亲和力,正在迅速地改变着我们周围的一切。利用现代电子信息技术来改变我们的生活与学习,改造传统的各行各业,已成为当今社会人们的共识。

教育在我国社会主义建设发展进程中所具有的战略地位和基础作用已被越来越多的人所认识。职业技术教育、特别是高等职业技术教育在近二十年来得到了长足的发展,“高等教育法”、“职业教育法”的颁布与实施,使我国高等职业教育步入了法制轨道,国家与社会的进步与发展,需要高等职业教育,技术的进步与发展,也需要高等职业教育,高等职业教育成为世界教育发展的共同趋势。

在我国国内,高等职业教育毕竟是一种新型的教育类型,发展历史还不太长,在教育观念、教育体制、教育结构、人才培养模式、教育内容、教学方法、教材、教法诸方面,有不少问题需要研究与探索。重庆大学出版社从促进高等职业教育发展战略的角度,于1999年邀请国内三十余所长期开办电子信息类专业的学校,开展对电子信息类高职、高专教材的开发研讨。与会学校有独立设置的职业技术学院、高等专科学校、职业大学、普通高校中的职业技术学院、多年试办高职班的重点中专学校。大家一致认为,我国高等职业教育的教材建设非常薄弱,基本上没有自己的教材,从而导致针对性、适应性差。从电子信息类专业角度看,缺乏成体系的系统教材,从而导致不同层次教材的交叉重复现象严重;再者,现行教材中缺乏对新技术、新工艺、新产品相关内容的介绍。因此,开发适应新世纪高等职业技术教育的教材就成为当务之急,它的总的原则应是:根据培养应用型、技能型人才的目标,从职业岗位对专业知识的需要来确定教材的知识深度及范围,坚持“必须、够用”的原则;同时注意知识的应用价值在教材中的科学体现,力求构筑具有高职特色的理论知识体系;基本概念、基本原理以讲明为

度,同时将一些内容相近的部分进行合并。另外,针对高职教育培养技能型、现场型人才的目标,把训练职业能力的实践技能体系方面的内容,与理论知识体系有机地结合起来,力求在这方面有所突破。根据教育部在高职、高专教材建设方面采用先解决有无问题,再解决提高与系统性问题的原则,我们在一开始就力求站在一个较高起点上,先从电子信息类教材开发做起,然后再进一步开发其他专业大类的应用型高职教材。

经过近一年的努力,电子信息类高职、高专系列教材就要与大家见面了。本系列教材的编写原则、编写体例均是根据教育部高职、高专培养目标并由参与系列教材编写的全国三十余所相关院校经过数次研讨、反复论证确定的。尽管我们对它抱有较高的期望,但这毕竟是一个新生事物,是一种尝试,成功与否,还需要经过教学实践来检验。无论如何,既然已经起步,这条路我们会一直走下去。为了我们共同的高职教育事业,欢迎大家在使用过程中,指出它的不足,以利于我们今后的工作。

编委会

2000年7月

前 言

本书是 21 世纪高职高专信息类专业系列教材,根据教育部高职高专培养目标和对本课程的基本要求,结合全国高等职业技术教育信息类专业系列教材研讨会的精神编写而成,经系列教材编委会审定。

电子技术是目前发展最快的学科之一。分为“模拟电子技术”和“数字电子技术”,它们均是学习其他有关课程的基础。

在编写本书过程中,强化了以下几方面内容:

(1)教材内容与高职学生的知识、能力结构相适应,重点突出职业特色,加强工程针对性、实用性。

(2)在内容阐述方面,力求简明扼要,通俗易懂。强化理论知识与实践的结合,以应用为目的,以大量的应用实例说明问题,突出高职教学特色。

(3)全书贯彻以集成电路应用为主的指导思想,以适应电子技术发展的现状和需要。对集成电路内部的分析不作要求。书上列举的器件,力求是目前国内市场上常用的、反映新技术的器件。

(4)在保证基本概念、基本原理和基本分析方法的基础上,大幅度减少数理论证和数学推导。力求做到由浅入深、由易到难、循序渐进,在如何入门上下大功夫。分散难点,选用有代表性的例题、习题,增强可读性。

(5)提出了本课程的综合实训要求和若干类型不一、应用不同的参考性实训方案,既拓宽了知识面,强化了学生的工程意识,也可供各校根据具体条件灵活选用。

全书共分十章,内容包括:半导体器件,基本放大电路,场效应管放大电路,集成运算放大器,负反馈放大电路,集成运算放大器的应用电路,波形发生器,功率放大器,直流稳压电源,晶闸管及其应用等。最后结合高职教育的特点,提出了本课程的综合实训要求和若干参考性的实训方案。各章后均有小结、思考题与习题,书末有部分习题的参考答案。本书绪论,第四、六、七章,综合实训由卢庆林(陕西工业职业技

术学院)编写;第一、二章由冯守汉(广西机电职业技术学院)编写;第五、八章由蒋正萍(成都电子机械高等专科学校)编写;第三章由陈燕秀(贵州大学职业技术学院)编写;第九章由王文杰(长沙航空职业技术学院)编写;第十章由负莹(三门峡职业技术学院)编写。卢庆林负责全书的组织、修改和定稿工作,任德齐副教授(重庆电子职业技术学院)担任主审,为全书提出了很重要的修改意见。

本书适用于高职高专、成教信息类专业,也可供从事电子技术工作的工程技术人员和业余爱好者学习参考。

电子技术发展日新月异,教学改革任重道远。由于编者学识有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2000年5月

目录

1
4
4
7
13
25
25

29
29
33
37
41
50
53
56
63
68
68

76
76
81
87
93
93

绪 论

第一章 半导体器件

第一节 PN 结

第二节 半导体二极管

第三节 半导体三极管

小结

思考题与习题一

第二章 基本放大电路

第一节 放大电路的基本组成

第二节 放大电路的定性分析方法

第三节 放大电路静态工作点估算方法

第四节 放大电路动态分析

第五节 放大器的非线性失真

第六节 多级放大电路

第七节 放大电路的频率特性

第八节 选频放大电路

小结

思考题与习题二

第三章 场效应管放大电路

第一节 结型场效应管

第二节 绝缘栅场效应管

第三节 场效应管的放大电路

小结

思考题与习题三

94	第四章 集成运算放大电路
94	第一节 集成运算放大器概述
95	第二节 差动放大电路
103	第三节 集成运算放大器
109	第四节 集成运放的基本电路
113	小结
113	思考题与习题四
116	第五章 负反馈放大电路
116	第一节 反馈放大电路
120	第二节 负反馈放大电路的基本组态
124	第三节 负反馈对放大电路性能的影响
133	小结
133	思考题与习题五
139	第六章 集成运算放大器的应用
139	第一节 集成运放的基本运算电路
145	第二节 信号处理电路
156	第三节 电压比较器
162	第四节 集成运放的选择和使用
168	小结
168	思考题与习题六
173	第七章 波形发生器
173	第一节 非正弦波发生器
176	第二节 正弦波发生器
188	第三节 集成函数发生器 ICL8038 应用
192	第四节 波形发生器的应用举例
195	小结
195	思考题与习题七

198	第八章 集成功率放大电路
198	第一节 功率放大电路的基本概念
200	第二节 乙类推挽功率放大电路
208	第三节 集成功率放大器
212	小结
213	思考题与习题八
217	第九章 直流稳压电源
217	第一节 单相整流与滤波电路
225	第二节 稳压电路
229	第三节 集成稳压器
236	第四节 开关型稳压电源
238	小结
239	思考题与习题九
241	第十章 晶闸管及其应用
241	第一节 晶闸管
246	第二节 晶闸管应用电路
257	小结
258	思考题与习题十
260	综合实训要求与参考性实训方案
260	综合实训一 温度报警器的安装与调试
264	综合实训二 声控电路的安装与调试
265	综合实训三 实用函数发生器的制作与调试
268	综合实训四 温度检测放大电路的设计与调试
272	部分习题参考答案
275	参考文献

绪 论

电子技术是研究各种电子器件、电子电路及其在各个领域中应用的学科技术。目前已渗透到各个领域,如无线电通信、工业自动控制、电子仪器仪表、微型计算机以及人们文化生活中的电视、录音、录像等家用电器,成为现代先进科学技术的一个重要组成部分。因此,“电子技术”这门课已成为工科电类专业的重要课程。

一、电子技术的发展

电子技术的发展与电子器件的更新是密切相关的。半导体器件是近 50 年发展起来的新型电子器件,由于它具有体积小、重量轻、耗电省、寿命长、工作可靠等一系列优点,所以在电子、电工技术及其设备中获得了十分广泛的应用。

随着近代自动控制技术的发展和需要,半导体器件材料特性的进一步研究、开发和利用以及半导体器件制造工艺的不断完善和提高,新的、各种用途的特殊半导体器件不断地被研究和开发出来,如光电二极管、三极管、恒流二极管、变容二极管等。特别是 60 年代发展起来的场效应管,更有输入阻抗高、噪声低、热稳定性好、制造工艺简单、容易集成化等优点,创制了新型的和优异的集成电路,从而实现了材料、器件、电路三者之间的统一,促进了电子技术的更广泛应用。

目前很多实际电路都已开始用集成电路代替分立元件电路,如模拟电路中常用的集成运算放大器、集成功率放大器、集成稳压电源等;数字电路中常用的组合和时序逻辑电路等。这些集成电路的广泛应用使各种自动控制设备、电子电工测量仪器等在微型化和可靠性等方面提高到了新的水平。

特别是 50 年代末研制成功的晶闸管(也称可控硅),它容量大、耐压高、损耗小、控制方便。通过它可以用微小功率的信号去对大功率源进行控制和变换,从而使电子技术从弱电进入了强电领域。目前在可控整流、交直流调压、逆变等方面获得十分重要的应用。近年来各种特殊用途的晶闸管层出不穷,正向着大功率化、快速化、模块化、廉价和高可靠性的方向飞速发展。总之,电子技术的发展非常迅速,在高科技领域中有举足轻重的地位,它推动了计算机技术和近代电子测量技术的发展。从一

定意义上说,电子技术的发展和应用水平反映了一个国家的科学技术水平。

二、电子技术课的基本任务

电子技术课是高等职业技术教育工科电类专业的一门技术基础课。目的是使学生获得电子器件的应用知识、电子电路的基本分析方法和应用技术,为学习后继课程或从事与专业有关的电子技术工作打下一定的基础。

三、电子技术课的学习方法

我们所处的时代是一个知识爆炸的时代,新产品、新技术层出不穷,电子技术的发展更是日新月异。正如一位名人所言,“那是个最好的时代,也是最坏的时代”。有的学习者在新时代如鱼得水,技艺日见精湛;也有的在对新技术的执着追逐中身心疲惫,大叹“不是我不明白,这世界变化太快”。一样的耕耘,不一样的收获,究其原因在于学习方法的不同。为此,提出以下几点,供学习者参考。

1. 更新基本知识单元

传统的学习方法以电子元件为基本的知识单元,注重原理分析,面对一种电路总是力求吃透电路中每一元件所起的作用及其工作原理。这样的学习方法在晶体管时代固然有其合理性,然而在集成电路时代却成了电子爱好者掌握大量新知识的障碍。在今天学习电子技术中需引入以电子功能模块为基本的知识单元。这样划分是出于以下考虑:①电子模块内部元器件的工作原理不再是学习的重点,这就避免了电子爱好者将大量的精力浪费在重复、繁琐的基础分析中。②以电子模块作为基本学习单元更利于培养学习者归纳、总结问题的能力。③以电子模块作基本知识单元可实现由“硬”向“软”的转变,使电子爱好者的知识结构更合理,也符合电子技术的发展潮流。

2. 注意理论联系实际

电子技术课虽然是专业基础课,但是它具有很强的实践性。学习时一定要以实践为基础,从实际出发,对基本概念、基本器件、典型电路务必弄懂、弄明白,把握住问题是如何提出的,如何引伸的,如何解决的,在实践中又是如何应用的等几个主要环节。在分析计算电子电路时要有工程观点。由于电路元件(尤其是半导体器件)参数的分散性,有时忽略一些相对次要的因素,不但可得到足够的计算准确度,而且可使分析简便,概念清楚。

一定要重视实验课和综合实训,在实验中注意观察分析现象,增强动手能力,加

深对课堂理论的认识和理解。善用电脑这一新的学习工具将使电子爱好者在学习中学如虎添翼,如可在电脑上模拟各种复杂的电子实验。

3. 明确学习目的和方向

电子技术更新速度快,加之现在的广告喧哗,让很多学习者有种应接不暇的感觉。作为一名成熟的电子爱好者,既要有广博的知识,更应审时度势,为自己选定一个主攻方向坚定不移地学下去。面对不断涌现的新技术、新知识,应冷静分析,属于主攻方向的及时吸纳,不属于主攻方向的以了解为度。

本教材的每章末都有本章小结,以帮助读者复习本章的主要内容。每章都有习题,这也是本课程的重要教学环节。通过作习题,可起到巩固概念、熟练运算、开拓思路、引导应用的作用。书末附有部分习题的答案,仅供参考。

在学习过程中,只要能注意按上述要求去做,经过勤奋努力,就能够把电子技术这门课学好。

第一章

半导体器件

本章要点

- PN 结的特点
- 半导体二极管、稳压管、发光二极管、光电二极管、变容二极管、双极型三极管的结构及载流子的运动规律;了解上述半导体器件的电学特性、外特性和工作参数
- 常用半导体器件的判别方法和测试方法

第一节 PN 结

一、半导体的导电特性

硅和锗是制造半导体器件最常用的两种材料。它们的导电性能介于导体和绝缘体之间,所以称为半导体。半导体有两个特点:一是当温度升高或受光照时,会激发出少量自由电子,使其导电性能有所增加,同时在电子离开的位置上留下了一个带正电荷的空位,称之为空穴。因此,在半导体中既有带负电的自由电子参与导电,也有带正电的空穴参与导电,这是半导体的一个重要特征;二是人们可以通过掺入杂质的方法,精确地控制半导体的电学特性,使其导电性能显著提高。通常将物质内部运载电荷的粒子称为载流子,其数量的多少是决定物质导电能力的一个重要因素。在正常情况下,通过热激发产生的导电载流子是很少的,称为少数载流子;而通过掺入杂质形成的导电载流子是大量的,称为多数载流子。

通常把掺入五价元素(如磷、砷、锑)而形成的以电子载流子为主体的半导体叫做 N 型半导体,而把掺入三价元素(如硼、镓、铟)而形成的以空穴载流子为主体的半导体称为 P 型半导体。不论是 P 型还是 N 型半导体均受到温升和光照的影响,因而在这两种掺杂半导体中都存在有少量与多数载流子不同的另一种载流子,即在 P 型半导体中既有掺杂形成的多数载流子空穴,又有热激发产生的少数载流子电子;同理,在 N 型半导体中多数载流子电子是掺杂的结果,而少数载流子空穴则是热激发产生的。温度升高激发少数载流子的数量增加,少数载流子是干扰和破坏半导体器件正常工作的主要因素,对此必须有足够的认识和重视。

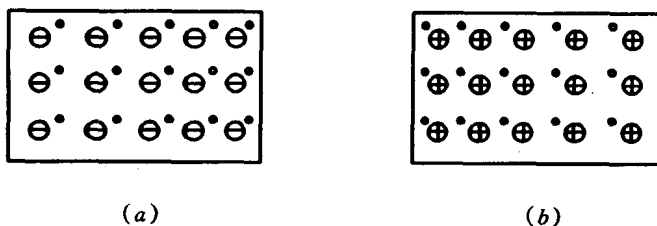


图 1-1 P 型半导体和 N 型半导体载流子示意图

(a) P 型半导体 (b) N 型半导体

P 型半导体用图 1-1(a)表示。小圆圈表示掺入三价元素后产生的带正电荷的空穴,内有负号的大圆圈代表掺入杂质的原子,意思是当有外来电子中和掉空穴时,原先不带电的原子变成了带负电荷的负离子。N 型半导体用图 1-1(b)表示,图中小黑点表示掺入五价元素产生的电子,内有正号的大圆圈则指该电子跑掉后杂质原子带正电荷。

二、PN 结及其特性

如果在一块纯净半导体(也称本征半导体)上用掺杂工艺使其一边形成 P 型半导体,另一边形成 N 型半导体,则在这两部分的接触面上就会形成一个特殊的薄层,称为 PN 结。PN 结是构成晶体管、固体组件及可控硅等许多半导体器件的基础。

1. PN 结的形成

如图 1-2(a)所示,是一块掺杂不同的半导体,把 P 型部分叫 P 区, N 型部分叫 N 区。在 P 区与 N 区的交界面两边,载流子的性质和浓度都不同,交界处 P 区一侧空穴浓度大,而 N 区一侧电子流浓度大。在自然界中,物质由浓度大的地方向浓度小