



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

Moni
Dianzi Jishu

模拟电子技术

■ 主 编 陈娇英 黄 飞
■ 副主编 黄永杰 江诚敏 盖晓晶 白 刚
■ 主 审 李啸骢

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

模拟电子技术

主 编 陈娇英 黄 飞

副主编 黄永杰 江诚敏

盖晓晶 白 刚

参 编 覃家敦

主 审 李啸骢

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要内容包括半导体二极管及其电路分析、晶体管及其放大电路分析、场效应管及其放大电路分析、集成电路及技术指标、放大电路中的反馈、理想集成放大器的应用、有源滤波电路、波形的产生和变换以及直流稳压电源等。

全书以工作过程为导向,以实际电子产品为项目载体,把整个模拟电子技术基础与应用的教学过程,贯穿于实际的电子产品生产与制作的全过程,具有情景真实性、过程可操作性、结果可检验性。

本书既可作为高等院校电子信息类、机电一体化等相关专业的教材,也可作为相关专业工程技术人员的技术参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术/陈娇英,黄飞主编. —北京:北京理工大学出版社, 2011. 1

ISBN 978 - 7 - 5640 - 4191 - 5

I. ①模… II. ①陈… ②黄… III. ①模拟电路 - 电子技术
IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 007416 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京楠萍印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 13.5

字 数 / 253 千字

版 次 / 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2000 册

定 价 / 30.00 元



责任校对 / 周瑞红
责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

Preface

“模拟电子技术”是电子信息类专业重要的技术基础课程，具有很强的实践性。通过本课程的学习，可以使學生掌握模拟电子技术方面的基本知识、基本理论和基本技能，培养学生对电子电路的分析、制作和调试的专业实践能力，并为学习后续课程和今后在实际工作中应用电子技术打好基础。

本教材是按照教育部高等院校电子电气基础课程教学基本要求，融合作者多年的教学改革经验及教学科研成果编写而成。全书以工作过程为导向，以实际电子产品为项目载体，把整个模拟电子技术基础与应用的教学过程，贯穿于实际的电子产品生产与制作的全过程，具有情景真实性、过程可操作性、结果可检验性。教学实施过程采用任务驱动的方法，带着任务和问题学知识、练技能，体现“做中学”“学中做”的思想。

本教材内容的安排符合高等院校学生既需要一定深度、系统化的理论知识，又突出专业基本技能训练的要求。参考学时为 102 学时。“自学 + 精讲 + 实训”相结合。

章节	课程内容	学时分配	
		讲授	实训
项目一	电子技术的认知	1	2
项目二	电子元件检测	10	10
项目三	简单直流稳压电源制作	6	6
项目四	单级小信号电压放大器制作	6	6
项目五	负反馈放大器测试	2	4
项目六	多级放大电路测试	1	2
项目七	场效应管放大电路设计	2	4
项目八	功率放大器制作	4	4

续表

章节	课程内容	学时分配	
		讲授	实训
项目九	家用调光灯的制作	4	2
项目十	电子分频扩音机制作	6	8
项目十一	电蚊拍的制作	2	4
项目十二	典型电子产品——调幅收音机制作	2	4
	课时总计	46	56

本书由陈娇英老师担任第一主编，负责全书的统稿工作并编写了项目五到项目八、项目十一；黄飞老师担任第二主编，参与统稿工作并编写了项目九；黄永杰担任副主编并编写了项目三；江诚敏担任副主编并编写了项目十二；盖晓晶担任副主编并编写了项目一和项目四；白刚担任副主编并编写了项目十；覃家敦参与编写了项目二。

本教材由李啸骢教授担任主审，李啸骢教授在百忙中对全部书稿进行了详细认真的审阅，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢！由于编者水平有限，时间仓促，书中疏漏之处，恳请使用本书的师生和读者批评指正。

编 者

目录

Contents

项目一 电子技术的认知	1
一、项目要求	1
二、项目实施	1
任务一 简易有趣电子产品制作——流水彩灯电路制作	1
任务二 认识电子技术	2
项目二 电子元件检测	7
一、项目要求	7
二、项目实施	7
任务一 认知电子元件基本结构——PN 结	7
任务二 二极管检测	11
任务三 三极管检测	19
任务四 场效应管检测	30
思考题	38
项目三 简单直流稳压电源制作	42
一、项目要求	42
二、项目实施	42
任务一 直流稳压电源制作	42
任务二 直流电源电路分析	44
任务三 直流电源电路测试	56
任务四 项目报告	57
思考题	59

项目四 单级小信号电压放大器制作	61
一、项目要求	61
二、项目实施	61
任务一 共发射电压放大电路制作	61
任务二 小信号基本放大电路分析	63
任务三 静态工作点稳定电路分析	70
任务四 其他放大电路的分析	72
任务五 共发射极放大电路测试	75
任务六 项目报告	78
思考题	79
项目五 负反馈放大器测试	82
一、项目要求	82
二、项目实施	82
任务一 放大器的工作性能改善分析	82
任务二 负反馈类型判断及引用	88
任务三 负反馈放大器的工作性能测试	91
任务四 了解负反馈在其他方面的应用	93
思考题	94
项目六 多级放大电路测试	97
一、项目要求	97
二、项目实施	97
任务一 了解多级放大电路的耦合方式	97
任务二 多级放大电路的分析	100
任务三 多级放大电路的连接与测试	101
思考题	102
项目七 场效应管放大电路设计	105
一、项目要求	105
二、项目实施	105
任务一 场效应管放大电路设计	105
任务二 场效应管放大电路分析	106
思考题	108

项目八 功率放大器制作	109
一、项目要求	109
二、项目实施	109
任务一 功率放大电路制作	109
任务二 功率放大电路分析	111
任务三 功率放大电路测试	121
任务四 项目报告	122
思考题	123
项目九 家用调光灯的制作	126
一、项目要求	126
二、项目实施	126
任务一 家用调光灯电路制作	126
任务二 可控整流电路的分析	129
任务三 认识单结晶体管	139
思考题	143
项目十 电子分频扩音机制作	145
一、项目要求	145
二、项目实施	145
任务一 电子分频扩音机制作	145
任务二 认识集成运算放大器	148
任务三 集成运算放大器的分析	158
任务四 信号处理电路的分析与测试	160
思考题	177
项目十一 电蚊拍的制作	179
一、项目要求	179
二、项目实施	179
任务一 电蚊拍制作	179
任务二 认识振荡器——信号源	181
任务三 电蚊拍电路的测试	186
任务四 项目报告	187
任务五 了解非正弦波信号发生器	188
思考题	192

项目十二 典型电子产品——调幅收音机制作	195
一、项目要求.....	195
二、项目实施.....	195
任务一 调幅 (AM) 收音机电路设计	195
任务二 调幅 (AM) 收音机电路制作	197
任务三 收音机的检测调试.....	201
任务四 项目报告.....	204
附录 半导体器件的型号及命名	206
参考文献	208

项目一 电子技术的认知

一、项目要求

知识目标：

了解电子技术的发展；初步认识电子元器件符号。

能力目标：

初步学会制作简易电子产品，培养识图能力；激发学生学习电子技术的热情和兴趣。

二、项目实施

任务一 简易有趣电子产品制作 ——流水彩灯电路制作

流水彩灯电路图如图 1.1 所示。

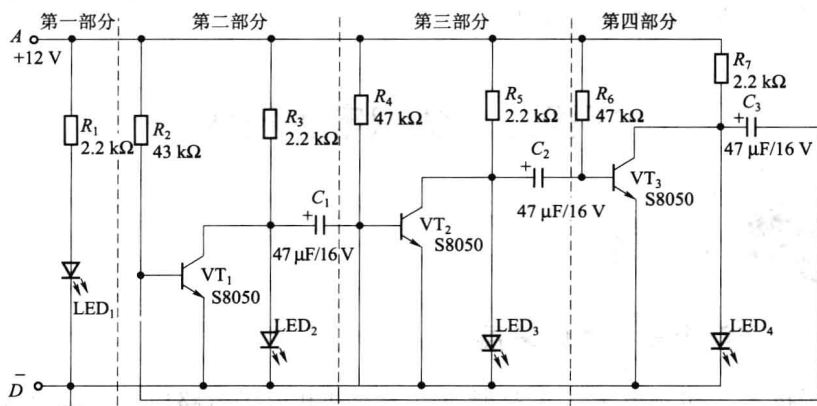


图 1.1 流水彩灯电路



(一) 查阅资料列出元件清单 (表 1.1)

表 1.1 元件清单

序 号	元件名称	标称值 (型号、颜色)	数 量

(二) 在万能板上完成电路的连接

1. 自检电路

对照电路图来检查自己所焊接的电路中的三极管各极是否安装正确、电阻的阻值是否有错、安装是否正确、电容的正负极是否接反 (接错) 等。

2. 实践操作

按上述方法自检电路并用万用表电阻挡测各连接点和各元件之间的电阻值是否满足上述要求。

3. 观察结果

通电后是否观察到流水彩灯?

任务二 认识电子技术



看一看

(一) 了解电子技术的发展

电子技术 (也称电子学) 是研究电子器件和电子电路应用的一门科学。电子器件主要是指电子管、晶体管和集成电路等。电子技术指由电子器件及电子元

件构成能够完成某种功能的电子线路。电子技术的发展史就是电子器件的发展史。

1. 电子管的发明

1858年8月5日,英国和美国第一次通过大西洋海底电缆通信的时候,美国总统仅包含150个字的祝词竟用了30个小时才发完,那时没有三极管放大电路,而现在可以用7秒的时间发送完大英百科全书的全部内容。若没有发明三极管,就没有今天信息化社会的到来。现在电子管已经基本淘汰,连分立的晶体管也逐渐被集成电路所代替。了解电子管的发明史对学习电子技术具有重要的意义。

1895年,英国科学家弗莱明受聘在马可尼无线电公司做顾问,弗莱明在电学上的造诣极深,并对爱迪生效应发生了兴趣,他认为这是一种热电子流。1904年,他在改进检波器的时候,利用这种现象发明了电子二极管,当时正是无线电通信发展的时代,这种元件能让电流向一个方向流动,使交流电变成直流电。将这种直流电用来检波、整流,灵敏度大大提高;用于无线电的检波,则提高了效率。

2. 电子三极管的发明

美国人德福雷斯特是一名电气工程师。他与马可尼的萍水相逢和马可尼对他的激励与指点,使他决心从事检波器的研究。1906年,德福雷斯特尝试着对二极管进行改进。他在二极管的阳极和阴极之间,用锡箔装上第三个电极。实验中德福雷斯特惊异地发现,倘若在第三极上加上一个不大的电压,就会改变阳极的电流强度,而且这个附加电压的微小变化,会使阳极电流产生明显的相应变化。这不正是许多同行朝思暮想、梦寐以求的放大作用吗?德福雷斯特把第三极称为栅极,它的作用就像一道闸门,可以控制阳极电流。人们在栅极上加上一个微小的信号,在阳极上就得到同样规律变化的“放大”信号。

3. 晶体管的发明

20世纪最初的10年,通信系统已开始应用半导体材料。20世纪上半叶,在无线电爱好者中广泛流行的矿石收音机,就采用矿石这种半导体材料进行检波。半导体的电学特性也在电话系统中得到了应用。

由于电子管处理高频信号的效果不理想,人们就设法改进矿石收音机中所用的矿石触须式检波器。在这种检波器里,有一根与矿石(半导体)表面相接触的金属丝(像头发一样细且能形成检波接点),它既能让信号电流沿一个方向流动,又能阻止信号电流朝相反方向流动。在第二次世界大战爆发前夕,贝尔实验室在寻找比早期使用的矿石晶体性能更好的检波材料时,发现掺杂有某种微量杂质的锗晶体的性能不仅优于矿石晶体,而且在某些方面比电子管整流器还要好,这就是最早的半导体二极管,同时也为晶体管的发明奠定了基础。



第二次世界大战结束后, 贝尔实验室加紧了对固体电子器件的基础研究。为此, 1945 年秋天, 贝尔实验室成立了以肖克莱为首的半导体研究小组, 成员有布拉顿、巴丁等人。他们研究硅、锗等半导体材料, 探索用半导体材料制作放大器件的可能性, 经过一系列的实验和观察, 逐步认识到半导体中电流放大效应产生的原因。布拉顿发现, 在锗片的底面接上电极, 在另一面插上细针并通上电流, 然后让另一根细针尽量靠近它, 并通上微弱的电流, 这样就会使原来的电流产生很大的变化。微弱电流少量的变化, 会对另外的电流产生很大的影响, 这就是“放大”作用。

布拉顿等人还想出有效的办法来实现这种放大效应。他们在发射极和基极之间输入一个弱信号, 在集电极和基极之间的输出端, 就放大为一个强信号了。在现代电子产品中, 上述晶体三极管的放大效应得到了广泛的应用。

1950 年, 第一只“面结合型晶体管”问世了, 它的性能与肖克莱原来设想的完全一致。今天的晶体管大部分仍是这种面结合型晶体管。

1956 年, 肖克莱、巴丁、布拉顿三人, 因发明晶体管同时荣获“诺贝尔物理学奖”。

4. 集成电路

晶体管的出现, 促使电子技术迅速渗入各个领域。在某些应用中, 电子设备必须轻巧可靠, 然而应用晶体管组装的电子设备在重量、体积、可靠性等方面远远满足不了需要, 晶体管已面临来自应用方面的新挑战。在 20 世纪 40 年代电子管曾碰到应用的窘境, 又戏剧性地呈现在晶体管面前, 新的现实促使科学家寻找新的解决办法, 这就导致了集成电路的出现。

1952 年, 英国雷达研究所的 G. W. A. 达默首先提出了集成电路设想。

1953 年, 得克萨斯仪器公司和仙童公司都宣布研制成第一块集成电路。

1954 年, 贝尔实验室发明了外延工艺, 即在单晶片上生长一层很薄的单晶层——外延膜的工艺, 此工艺很快就被移植到集成电路制造中。同年得克萨斯仪器公司首先宣布建成了世界上第一条集成电路生产线。1960 年, 这家公司开始供应 51 系列集成电路(当时称为固体电路)。这是几种现在看来再简单不过的逻辑电路。

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。它实现了材料、元件、电路三者之间的统一, 与传统的电子元件的设计与生产方式、电路的结构形式有着本质的不同, 随着集成电路制造工艺的进步, 集成度越来越高, 1960 年集成电路每个半导体芯片上只有不到 100 个元器件, 而 1977 年已能制造在 30 mm^2 的硅晶叶上集成 15 万个晶体管的超大规模集成电路, 电子技术从此进入了微电子时代。如今, 在集成电路芯片的制造工艺中, 布线宽度已经采用纳米级工艺, 单芯片的晶体管集成数已达数亿个。

（二）了解电子技术的研究内容

电子技术主要研究电信号的产生、传输以及信号的处理。信号变化规律的不同分为模拟信号和数字信号。模拟信号的幅值随时间连续变化，具有多个不同的状态值。通常以正弦波为代表。人们能感知到的声音信号、图像信号和自然界中大部分物理参数（温度、压力、速度、位移、重量等）都属于模拟信号，这些物理参数通过传感器转换成的电信号也是模拟信号。研究模拟电信号的处理方法称为模拟电子技术，包括放大、运算、比较、振荡、滤波、整流，等等。

另外一类信号是数字信号，它在时间上和幅值上都是离散的，通常用脉冲信号来表示。数字信号只有两个相对立的状态，比如车辆的开与停，灯的亮与灭，门的开与关等。在电信号中一般以高电平（1）表示一种状态，低电平（0）表示另外一种状态。研究数字电信号的处理方法称为数字电子技术，包括编码、译码、数据分配、数据选择、加法、比较、寄存和计数，等等。

近年来，数字处理技术发展迅速，大规模和超大规模数字集成电路不断涌现，采用数字方式处理模拟信号已经成为主流。通过模数转换器将模拟信号转换为数字信号，利用数字处理技术对数字信号做各种期望的处理，处理完成后再通过数模转换器将数字信号还原为模拟信号。这样的处理方式能更加灵活、高效，处理方式更加丰富多样。激光唱机、数码摄像机、数字电视、移动电话等都属于这个范畴。

（三）了解电子技术课程的性质和任务

本课程是电类专业通用的技术基础课，是实践性强的主干课程，在专业课程体系中具有重要的地位和作用。

通过本课程的理论学习和实验、实训和制作等实践教学，使学生获得电子电路及其应用的基本知识，认识常见电子元器件的特性和使用方法，掌握电子电路测量、调整以及故障分析和排除的基本技能，培养学生的实践能力，为后续专业课程的学习和职业能力的养成打下基础。

（四）领会学习电子技术课程的方法

“模拟电子技术”课程是电子技术专业的一门非常重要的基础课，理论与实践并重。它比专业课更强调基本理论和基本方法，而相对于数学、物理等理论基础课来说，它更强调理论与实际的结合，它更着眼于解决实际问题，因此，其显著的特点是工程分析方法，即定性分析、定量估算、实验调整相结合的特点。

（1）对于“模拟电子技术”课程的这些特点，学习者要有充分的认识。

（2）需要选择一些辅助教材，作为学习中的参考教材，参考教材能帮助读者从不同的角度理解各种问题。



(3) 除较少的基本计算外,学习者应注重于电路的工作原理分析,即电路识图、电路功能的理解和掌握,培养及提高自己电路分析的能力。

(4) 对于教材中各章的项目和实训内容,学习者一定要亲自动手,独立完成,在项目制作的实践中学习、认识和理解。只有反复的训练和模仿,才能真正地掌握技能,才能理解知识,增强电路分析和识图能力。另外,学习者还必须树立学习信心,积极主动地向老师请教,实时与同学讨论,不断复习总结等,最关键的是学会自我学习的方法。

(五) 了解现代电子技术的相关职业

随着生产和科学技术发展的需要,电子技术得到高速发展及广泛应用(如空间电子技术、生物医学电子技术、信息处理和遥感技术、微波应用等),它也推动了社会生产力的发展,成为近代科学技术发展的一个重要标志。

电子技术的应用极为广泛,从电子玩具到家用电器,从数控机床到机器人,从邮电管理到卫星通信,从资源调查到天气预报,从水陆交通到航空航天,从雷达警戒到卫星侦察,从火炮自动控制到导弹精确制导,等等。可以说电子技术几乎渗透国民经济的各个领域,在经济建设中起到了举足轻重作用。因此,现代电子技术相关职业所包含的领域也非常广泛,如广播电视、电子信息、家用电器、网络通信等领域。电子技术专业人员可从事电子系统、电子设备及信息系统的生产、科学研究和管理工作的,也可以从事电子产品的引进、计算机网络工程应用、软件开发以及计算机房的建设与维护等工作,当然也可从事有关专业的教学与科研工作(工程师、技术员、业务员、生产主管、教师等)。

作为高校毕业生,毕业初期阶段比较合适的电子技术行业的岗位主要有:企业或研究所的工程师助理、绘图员,生产车间的产品调试员、维修员、检验员,销售部门的业务员、售后服务维修人员等。

项目二 电子元件检测

一、项目要求

知识目标:

- (1) 理解 PN 结的形成及导电特性。
- (2) 了解二极管、三极管、场效应管的结构;理解其工作特性及主要参数;熟悉元件符号、测试及实际应用。

能力目标:

- (1) 能根据电子元器件的外观、图形符号,进行正确识别。
- (2) 能运用万用表正确检测电子元器件好坏。
- (3) 会正确选用电子元器件。

二、项目实施

任务一 认知电子元件基本结构——PN 结



看一看 半导体材料及其特性

常用的半导体材料有硅 (Si)、锗 (Ge)、砷化镓 (GaAs) 等。如图 2.1 所示为半导体原子结构图。

(一) 本征半导体

将纯度很高、晶体结构完整的半导体称为本征半导体。如图 2.2 所示为本征半导体结构图。本征半导体导电能力较弱,然而却具有非常奇妙的特性。

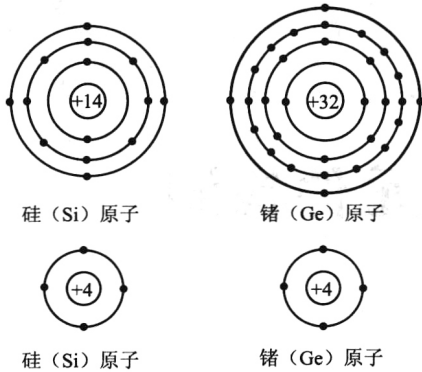


图 2.1 半导体原子结构图

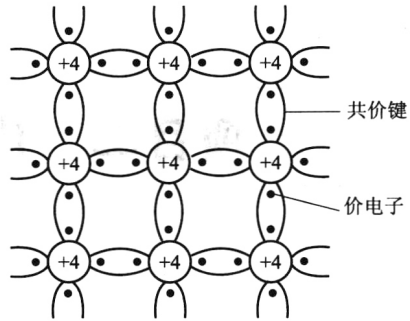


图 2.2 本征半导体结构图

(二) 半导体奇妙特性

1. 热敏特性

当温度升高时,半导体的导电性会得到明显的改善,温度越高,导电能力就越好。利用这一特性,可以制成热敏电阻等热敏元件。

2. 光敏特性

半导体受到光的照射,会显著地影响其导电性,光照越强,导电能力越强。利用这一特性可以制成光敏传感器、光电控制开关及火灾报警装置等。

3. 掺杂特性

在纯度很高的半导体(又称为本征半导体)中掺入很微量的某种杂质元素,也会使其导电性显著地增加,掺杂的浓度越高,导电性也就越强。利用这一特性可以制造出各种晶体管和集成电路等半导体器件。

(三) 杂质半导体

如果在本征半导体中掺入微量的杂质,其导电能力会显著变化。根据掺入杂质的不同,可以分为P型半导体和N型半导体。

1. P型半导体

在本征半导体硅中掺入微量的三价元素硼(B),就形成P型半导体,如图2.3(a)所示为P型半导体晶体结构图,图2.3(b)图为P型半导体示意图。

P型半导体中空穴的浓度比电子的浓度高得多,当在其两端加电压时,主要由空穴定向流动形成电流。

2. N型半导体

在本征半导体中掺入微量的五价元素磷(P)就形成N型半导体,如图2.4