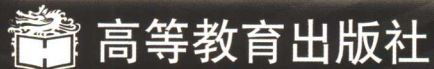


# 电子线路



内容提要

本教材参照教育部颁布的中等职业学校电子线路教学大纲编写,同时参考了相关行业的职业技能鉴定规范。

本教材的主要内容包括半导体器件、放大电路基础、常用放大器、直流稳压电源、正弦波振荡器、高频信号处理电路、数字电路基础、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换以及与理论知识相配套的实践技能训练项目。教材中的“应用实例”和“应用提示”具有工程背景,在实践性、实用性和针对性方面凸显了鲜明的职业教育特色。

本教材表述简约清楚,通俗易懂,重点突出,教学内容贴近生产实际,贴近岗位要求,适宜中等职业教育信息类专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路 / 陈振源主编. —北京: 高等教育出版社, 2006.6

ISBN 7-04-018716-7

I. 电... II. 陈... III. 电子电路-专业学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 009078 号

策划编辑 李 刚      责任编辑 李 刚      封面设计 李卫青      责任绘图 朱 静  
版式设计 范晓红      责任校对 王效珍      责任印制 韩 刚

|      |                |      |                                                                   |
|------|----------------|------|-------------------------------------------------------------------|
| 出版发行 | 高等教育出版社        | 购书热线 | 010-58581118                                                      |
| 社 址  | 北京市西城区德外大街 4 号 | 免费咨询 | 800-810-0598                                                      |
| 邮政编码 | 100011         | 网 址  | <a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>         |
| 总 机  | 010-58581000   |      | <a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>         |
| 经 销  | 蓝色畅想图书发行有限公司   | 网上订购 | <a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>       |
| 印 刷  | 北京中科印刷有限公司     |      | <a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a> |
|      |                | 畅想教育 | <a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>         |
| 开 本  | 787×1092 1/16  | 版 次  | 2006 年 6 月第 1 版                                                   |
| 印 张  | 18.75          | 印 次  | 2006 年 6 月第 1 次印刷                                                 |
| 字 数  | 450 000        | 定 价  | 29.20 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 18716-00

# 前 言

本教材为适应 21 世纪对电子技术应用型人才的需要而编写,编者力求突破以学科为体系的传统教材模式,尝试用新的结构体系、新的教学方案、新的表现形式、新的阐述方法来体现近年来电子行业职业技术教育改革成果,构筑以实际应用为重点的新课程体系,以适应目前中等职业教育电子信息类专业基础课课程改革的要求。本教材的编写具有以下特点:

## 1. 以工程应用为重点,体现就业教育的方向性

本教材编写体现了职业教育以就业为导向,以职业能力为本位的教学改革理念,根据对中职毕业生到一线现场从事技术工作的岗位需求分析,各章节都列出明确的教学任务。教材的编写充分考虑了理论与实践的结合,注重对学生进行工程应用和解决实际问题的能力培养。教材中的“应用实例”和“应用提示”具有工程背景,力求在实践性、实用性和针对性方面凸显鲜明的职业教育特点。

## 2. 以行业技术发展为依据,注重教学内容的适时性

根据当前电子技术的工程应用实际,适当介绍相关的新技术、新方法、新器件,简化分立元件电路的介绍,突出集成电路的应用,特别是加强了对集成运放电路的介绍,这是考虑到传统的直流放大器已经在很大程度上被集成运放取代;精简分立功率放大器的内容,加强对功率集成电路功能和应用的介绍;在稳压电源方面,以介绍三端稳压器的应用为主。在数字电路方面,触发器、组合逻辑电路、时序逻辑电路主要介绍以集成芯片为核心的逻辑功能电路。删减了一些目前已应用很少的知识内容,例如变压器耦合功率放大器、分立元件直流放大器等。

## 3. 借鉴新型教学模式,体现教学方案的创新性

编者研究了国内外同类教材,汲取有用的养料,坚持创新与汲取相结合的原则,围绕技术、应用、能力这条主线来设计教材的结构体系和教学内容。本教材的设计不再以教会学生知识为唯一目标,而以帮助、指导学生完成工作任务和掌握项目实施方法为主要目的。电子线路是一门实践性很强的课程,编者将培养学生的工程实践能力作为课改的重点,在课程方案的设计方面进行了一些尝试:其一是改变以往验证性实验为主的教学模式,加强了制作和调试电路等工程应用的实训内容;其二是由测量数据和指标为主的验证实验转向完成工作任务以及解决问题为主的技能训练;其三是精心设计每一个实践项目的任务,将关键知识点融合在完成任务的工作中,倡导在本课程中实施项目教学法。

## 4. 以符合学生的学习心理为原则,注重教材表现形式的新颖性

本教材的开发力求以兴趣为引导,激发学生的学习热情和积极性。教材中的主要电子元件和主要单元电路都配有实物图,增加了电路的直观性,有利于学生将抽象的原理电路转变为具体的应用电路。本教材的表现形式直观生动,图文并茂,排版生动新颖,力图改变教材单调的体例,有助于调动学生的阅读兴趣。

5. 以符合学生的认知规律为基础,体现中职教材的层次性

本教材的编写充分考虑中等职业学校学生的知识基础和教学实际,尽可能地降低理论深度和难度,简约明了地介绍电子线路的基本概念、基本原理和应用知识,避免繁杂的数学推导和理论分析,适合中等职业学校的学生学习和掌握。且各章都有本章小结和自我测评,有利于学生温习和巩固所学的知识和技能,并可在教师的单元考试前,先进行自我学习效果的测定,及时拾缺补漏,这有利于增加学生学习的责任感和主动性,以确保学生能够达到各章的能力培养目标。

本课程的学时数为 152 学时,各章的参考学时数见以下的学时分配表。

学时分配表

| 内 容                   | 学 时 数 |
|-----------------------|-------|
| 第 1 章 半导体器件           | 10    |
| 第 2 章 放大电路基础          | 12    |
| 第 3 章 常用放大器           | 15    |
| 第 4 章 直流稳压电源          | 8     |
| 第 5 章 正弦波振荡器          | 6     |
| 第 6 章 高频信号处理电路(选学)    | 8     |
| 第 7 章 数字电路基础          | 10    |
| 第 8 章 组合逻辑电路          | 10    |
| 第 9 章 集成触发器           | 8     |
| 第 10 章 时序逻辑电路         | 6     |
| 第 11 章 脉冲波形的产生与变换(选学) | 8     |
| 实践技能训练                | 36    |
| 机动与复习考试               | 15    |
| 总计                    | 152   |

本教材的多媒体学习课件可选用陈振源主编的《电子技术基础多媒体课件》(光盘),该光盘配在《电子技术基础学习指导与同步训练》一书中,已由高等教育出版社出版。该多媒体课件适用于学生自学和课堂教学,与本教材配套使用时,可参阅下一页的多媒体教学课件选用一览表。

本教材由陈振源任主编,参加编写的有林江明(第 1、2 章)、王永炫(第 6 章)、李靖(11 章)、方立刚(实践技能训练项目 11 至项目 15),其余部分由陈振源编写。北京理工大学刘蕴陶教授对本教材进行认真、仔细的审阅,提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者学识和水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳切希望广大读者批评指正,可通过电子信箱:chen-zhenyuan@tom.com 提出意见和建议。

编者

2006 年 3 月

多媒体课件选用一览表

| 教材章节          | 教材内容                   | 选自《电子技术基础多媒体课件》(光盘)(陈振源主编)    |
|---------------|------------------------|-------------------------------|
| 第1章<br>半导体器件  | 1. 二极管单向导电性            | 第一单元/实验演示/二极管单向导电性            |
|               | 2. 二极管测量               | 第一单元/实验演示/二极管测量               |
|               | 3. 三极管的特性              | 第二单元/实验演示/三极管的特性              |
|               | 4. 三极管的测试              | 第二单元/实验演示/三极管的测试              |
|               | 5. 绝缘栅场效晶体管电压控制原理      | 第三单元/电路分析/绝缘栅场效晶体管电压控制原理      |
| 第2章<br>放大电路基础 | 1. 共射基本放大电路            | 第二单元/电路分析/共射基本放大电路            |
|               | 2. 放大器静态工作点对波形的影响      | 第二单元/实验演示/放大器静态工作点对波形的影响      |
|               | 3. 分压式偏置放大电路           | 第二单元/电路分析/分压式偏置放大电路           |
|               | 4. 集电极-基极偏置放大电路        | 第二单元/电路分析/集电极-基极偏置放大电路        |
|               | 5. 场效晶体管放大电路           | 第三单元/电路分析/场效晶体管放大电路           |
|               | 6. 静态工作点对场效晶体管放大电路的影响  | 第三单元/实验演示/静态工作点对场效晶体管放大电路的影响  |
|               | 7. 源极旁路电容对场效晶体管放大电路的影响 | 第三单元/实验演示/源极旁路电容对场效晶体管放大电路的影响 |
| 第3章<br>常用放大器  | 1. 典型差分放大器电路分析         | 第六单元/电路分析/典型差分放大器             |
|               | 2. 反相运算放大器电路分析         | 第六单元/电路分析/反相运算放大器             |
|               | 3. 同相运算放大器电路分析         | 第六单元/电路分析/同相运算放大器             |
|               | 4. 差分运算放大器电路分析         | 第六单元/电路分析/差分运算放大器             |
|               | 5. 反相运算放大器实验演示         | 第六单元/实验演示/反相运算放大器             |
|               | 6. 同相运算放大器实验演示         | 第六单元/实验演示/同相运算放大器             |
|               | 7. 差分运算放大器实验演示         | 第六单元/实验演示/差分运算放大器             |
|               | 8. 加法运算电路实验演示          | 第六单元/实验演示/加法运算电路              |
|               | 9. 减法器                 | 第六单元/实验演示/减法器                 |
|               | 10. 电压并联负反馈电路分析        | 第四单元/电路分析/电压并联负反馈             |
|               | 11. 电压串联负反馈电路分析        | 第四单元/电路分析/电压串联负反馈             |

续表

| 教材章节          | 教材内容                | 选自《电子技术基础多媒体课件》(光盘)(陈振源主编) |
|---------------|---------------------|----------------------------|
| 第3章<br>常用放大器  | 12. 电流串联负反馈电路分析     | 第四单元/电路分析/电流串联负反馈          |
|               | 13. 电流并联负反馈电路分析     | 第四单元/电路分析/电流并联负反馈          |
|               | 14. 负反馈对放大器的放大倍数的影响 | 第四单元/实验演示/负反馈对放大器的放大倍数的影响  |
|               | 15. 负反馈使放大倍数的稳定性提高  | 第四单元/实验演示/负反馈使放大倍数的稳定性提高   |
|               | 16. OCL 电路          | 第五单元/电路分析/OCL 电路           |
|               | 17. OTL 基本电路        | 第五单元/电路分析/OTL 基本电路         |
|               | 18. OTL 典型电路        | 第五单元/电路分析/OTL 典型电路         |
|               | 19. 交越失真的消除         | 第五单元/实验演示/交越失真的消除          |
|               | 20. OTL 电路的调整       | 第五单元/实验演示/OTL 电路的调整        |
|               | 21. OTL 电路典型故障观察    | 第五单元/实验演示/OTL 电路典型故障观察     |
|               | 22. LA4100 集成功率放大器  | 第五单元/电路分析/LA4100 集成功率放大器   |
| 第4章<br>直流稳压电源 | 1. 半波整流电路分析         | 第一单元/电路分析/半波整流电路           |
|               | 2. 半波整流电路实验演示       | 第一单元/实验演示/半波整流电路           |
|               | 3. 桥式整流电路分析         | 第一单元/电路分析/桥式整流电路           |
|               | 4. 桥式整流电路实验演示       | 第一单元/实验演示/桥式整流电路           |
|               | 5. 电容滤波实验演示         | 第一单元/实验演示/电容滤波             |
|               | 6. 三极管串联型稳压电路       | 第八单元/电路分析/三极管串联型稳压电路       |
|               | 7. 三极管串联型稳压电路实验     | 第八单元/实验演示/三极管串联型稳压电路实验     |
|               | 8. 三端固定输出式稳压器       | 第八单元/电路分析/三端固定输出式稳压器       |
|               | 9. 可调式三端集成稳压器       | 第八单元/电路分析/可调式三端集成稳压器       |
|               | 10. 可调式三端集成稳压器实验    | 第八单元/实验演示/可调式三端集成稳压器实验     |
| 第5章<br>正弦波振荡器 | 1. RC 桥式振荡器电路分析     | 第七单元/电路分析/RC 桥式振荡器         |
|               | 2. RC 桥式振荡器实验演示     | 第七单元/实验演示/RC 桥式振荡器         |
|               | 3. 变压器耦合 LC 振荡器     | 第七单元/电路分析/变压器耦合 LC 振荡器     |
|               | 4. 电感三点式振荡器电路分析     | 第七单元/电路分析/电感三点式振荡器         |
|               | 5. 电容三点式振荡器电路分析     | 第七单元/电路分析/电容三点式振荡器         |
|               | 6. 电容三点式振荡器实验演示     | 第七单元/实验演示/电容三点式振荡器         |
|               | 7. 并联型石英晶体振荡器电路分析   | 第七单元/电路分析/并联型石英晶体振荡器       |
|               | 8. 并联型石英晶体振荡器实验演示   | 第七单元/实验演示/并联型石英晶体振荡器       |

续前

续表

| 教材章节           | 教材内容           | 选自《电子技术基础多媒体课件》(光盘)(陈振源主编) |
|----------------|----------------|----------------------------|
| 第7章<br>数字电路基础  | 1. 二极管与门电路分析   | 第十单元/电路分析/二极管与门电路          |
|                | 2. 二极管与门电路实验演示 | 第十单元/实验演示/二极管与门电路          |
|                | 3. 二极管或门电路分析   | 第十单元/电路分析/二极管或门电路          |
|                | 4. 二极管或门电路实验演示 | 第十单元/实验演示/二极管或门电路          |
|                | 5. 三极管非门电路分析   | 第十单元/电路分析/三极管非门电路          |
|                | 6. 三极管非门电路实验演示 | 第十单元/实验演示/三极管非门电路          |
|                | 7. CMOS反相器电路分析 | 第十单元/电路分析/CMOS反相器          |
|                | 8. CMOS与非门电路分析 | 第十单元/电路分析/CMOS与非门          |
|                | 9. 集成与非门功能测试   | 第十单元/实验演示/集成与非门功能测试        |
| 第8章<br>组合逻辑电路  | 1. 3位二进制编码器    | 第十二单元/电路分析/3位二进制编码器        |
|                | 2. 二-十进制编码器    | 第十二单元/电路分析/二-十进制编码器        |
|                | 3. 编码器的实验      | 第十二单元/实验演示/编码器的实验          |
|                | 4. 二-十进制译码器    | 第十二单元/电路分析/二-十进制译码器        |
|                | 5. 集成译码器的应用    | 第十二单元/实验演示/集成译码器的应用        |
|                | 6. 数码管显示观察     | 第十二单元/实验演示/数码管显示观察         |
| 第9章<br>集成触发器   | 1. 基本RS触发器     | 第九单元/电路分析/基本RS触发器          |
|                | 2. 基本RS触发器实验   | 第九单元/实验演示/基本RS触发器实验        |
|                | 3. 同步RS触发器     | 第九单元/电路分析/同步RS触发器          |
|                | 4. JK触发器       | 第九单元/电路分析/JK触发器            |
|                | 5. JK触发器功能测试   | 第九单元/实验演示/JK触发器功能测试        |
|                | 6. D触发器        | 第九单元/电路分析/D触发器             |
|                | 7. D触发器实验      | 第九单元/实验演示/D触发器实验           |
|                | 8. T触发器实验      | 第九单元/实验演示/T触发器实验           |
| 第10章<br>时序逻辑电路 | 1. 双拍接收式寄存器    | 第十三单元/电路分析/双拍接收式寄存器        |
|                | 2. 单拍接收式寄存器    | 第十三单元/电路分析/单拍接收式寄存器        |
|                | 3. D触发器构成的寄存器  | 第十三单元/实验演示/D触发器构成的寄存器      |
|                | 4. 二进制异步递增计数器  | 第十三单元/电路分析/二进制异步递增计数器      |
|                | 5. 二进制异步递减计数器  | 第十三单元/电路分析/二进制异步递减计数器      |
|                | 6. 集成十进制计数器的应用 | 第十三单元/实验演示/集成十进制计数器的应用     |

多媒体课件选用一览表

[illegible]

# 目 录

第2章 放大电路基础..... 29

|       |                 |    |
|-------|-----------------|----|
| 1.1   | 规定              | 31 |
| 2.1.3 | 放大原理            | 31 |
| 2.1.4 | 静态工作点对放大波形的影响   | 32 |
| 2.2   | 放大电路的分析方法       | 34 |
| 2.2.1 | 主要性能指标          | 34 |
| 2.2.2 | 估算分析法           | 35 |
| 2.3   | 工作点稳定放大电路       | 38 |
| 2.3.1 | 分压式偏置放大电路       | 39 |
| 2.3.2 | 集电极-基极偏置放大电路    | 41 |
| 2.4   | 场效应晶体管放大电路(选学)  | 42 |
| 2.4.1 | 分压偏置放大电路        | 43 |
| 2.4.2 | 自偏压放大电路         | 43 |
| 2.5   | 多级放大电路          | 44 |
| 2.5.1 | 多级放大电路的耦合方式     | 44 |
| 2.5.2 | 阻容耦合放大电路的电压放大倍数 | 46 |
| 2.5.3 | 阻容耦合放大电路的幅频特性   | 47 |
|       | 本章小结            | 49 |
|       | 自我测评            | 49 |
| 第3章   | 常用放大器           | 52 |
| 3.1   | 集成运算放大器         | 52 |
| 3.1.1 | 集成运放介绍          | 52 |
| 3.1.2 | 集成运算放大器的运用      | 56 |
| 3.2   | 负反馈放大器          | 61 |
| 3.2.1 | 反馈的基本概念         | 61 |
| 3.2.2 | 三极管负反馈放大电路      | 63 |
| 3.2.3 | 负反馈对放大器性能的影响    | 66 |

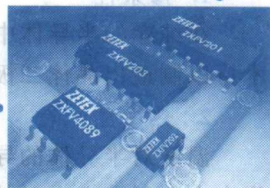
|                                   |     |                              |     |
|-----------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| <b>3.3 低频功率放大器</b> .....          | 71  | <b>5.3 LC 振荡器</b> .....      | 116 |
| 3.3.1 功率放大电路的基本要求 .....           | 71  | 5.3.1 变压器耦合式 LC 振荡器 .....    | 117 |
| 3.3.2 功率放大器的分类 .....              | 72  | 5.3.2 三点式 LC 振荡器 .....       | 118 |
| 3.3.3 双电源互补对称电路<br>(OCL 电路) ..... | 73  | <b>5.4 石英晶体振荡器</b> .....     | 123 |
| 3.3.4 单电源互补对称电路<br>(OTL 电路) ..... | 75  | 5.4.1 石英晶体谐振器 .....          | 123 |
| 3.3.5 集成功率放大器 .....               | 79  | 5.4.2 石英晶体振荡器 .....          | 124 |
| <b>3.4 谐振放大器(选学)</b> .....        | 81  | <b>本章小结</b> .....            | 126 |
| 3.4.1 单谐振放大器 .....                | 82  | <b>自我测评</b> .....            | 127 |
| 3.4.2 双谐振放大器 .....                | 82  | <b>第 6 章 高频信号处理电路(选学)</b> .. | 129 |
| 3.4.3 集成谐振放大器 .....               | 83  | <b>6.1 调幅与检波</b> .....       | 129 |
| <b>本章小结</b> .....                 | 87  | 6.1.1 调幅波的基本性质 .....         | 129 |
| <b>自我测评</b> .....                 | 88  | 6.1.2 调幅电路 .....             | 131 |
| <b>第 4 章 直流稳压电源</b> .....         | 91  | 6.1.3 检波电路 .....             | 133 |
| <b>4.1 整流电路</b> .....             | 91  | <b>6.2 调频与鉴频</b> .....       | 136 |
| 4.1.1 半波整流电路 .....                | 91  | 6.2.1 调频波的基本性质 .....         | 136 |
| 4.1.2 桥式整流电路 .....                | 93  | 6.2.2 调频电路 .....             | 137 |
| <b>4.2 滤波电路</b> .....             | 95  | 6.2.3 鉴频电路 .....             | 138 |
| 4.2.1 电容滤波器 .....                 | 95  | <b>6.3 变频器</b> .....         | 140 |
| 4.2.2 电感滤波器 .....                 | 98  | 6.3.1 变频原理 .....             | 141 |
| 4.2.3 复式滤波器 .....                 | 98  | 6.3.2 变频电路 .....             | 141 |
| <b>4.3 稳压电路</b> .....             | 99  | <b>本章小结</b> .....            | 143 |
| 4.3.1 稳压二极管并联型稳压电路 ..             | 99  | <b>自我测评</b> .....            | 143 |
| 4.3.2 三极管串联型稳压电路 .....            | 100 | <b>第 7 章 数字电路基础</b> .....    | 146 |
| 4.3.3 集成稳压器 .....                 | 103 | <b>7.1 脉冲与数字信号</b> .....     | 146 |
| 4.3.4 开关型稳压电源简介 .....             | 106 | 7.1.1 脉冲的基本概念 .....          | 146 |
| <b>本章小结</b> .....                 | 109 | 7.1.2 数字信号 .....             | 147 |
| <b>自我测评</b> .....                 | 110 | <b>7.2 RC 电路的应用</b> .....    | 148 |
| <b>第 5 章 正弦波振荡器</b> .....         | 113 | 7.2.1 RC 微分电路 .....          | 148 |
| <b>5.1 正弦波振荡器的基本知识</b> .....      | 113 | 7.2.2 RC 积分电路 .....          | 149 |
| 5.1.1 正弦波振荡器的组成 .....             | 113 | <b>7.3 数制与码制</b> .....       | 150 |
| 5.1.2 自激振荡的过程 .....               | 114 | 7.3.1 数制 .....               | 150 |
| 5.1.3 自激振荡的条件 .....               | 114 | 7.3.2 码制 .....               | 152 |
| <b>5.2 RC 振荡器</b> .....           | 114 | <b>7.4 逻辑门电路基础</b> .....     | 154 |
| 5.2.1 RC 串并联选频网络 .....            | 115 | 7.4.1 基本逻辑门 .....            | 154 |
| 5.2.2 RC 桥式振荡器 .....              | 115 | 7.4.2 复合逻辑门 .....            | 158 |
|                                   |     | 7.4.3 集成逻辑门电路 .....          | 161 |
|                                   |     | <b>7.5 逻辑代数运算法则及逻辑</b> ..    |     |

|                      |     |                             |     |
|----------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 函数化简                 | 166 | 9.4.3 集成 D 触发器              | 204 |
| 7.5.1 逻辑代数运算法则       | 166 | 9.5 T 触发器                   | 205 |
| 7.5.2 逻辑函数的公式化简法     | 168 | 9.5.1 电路组成                  | 205 |
| 本章小结                 | 170 | 9.5.2 逻辑功能                  | 206 |
| 自我测评                 | 170 | 本章小结                        | 208 |
| 第 8 章 组合逻辑电路         | 172 | 自我测评                        | 208 |
| 8.1 组合逻辑电路的基本知识      | 172 | 第 10 章 时序逻辑电路               | 211 |
| 8.1.1 组合逻辑电路的读图方法    | 172 | 10.1 寄存器                    | 211 |
| 8.1.2 组合逻辑电路的设计      | 173 | 10.1.1 数码寄存器                | 211 |
| 8.2 编码器              | 175 | 10.1.2 移位寄存器                | 213 |
| 8.2.1 二进制编码器         | 175 | 10.2 计数器                    | 215 |
| 8.2.2 二十进制编码器        | 176 | 10.2.1 二进制计数器               | 215 |
| 8.3 译码器              | 178 | 10.2.2 十进制计数器               | 219 |
| 8.3.1 通用译码器          | 179 | 10.2.3 集成计数器                | 220 |
| 8.3.2 显示译码器          | 181 | 本章小结                        | 222 |
| 8.4 数据选择器及数据分配器      | 184 | 自我测评                        | 222 |
| 8.4.1 数据选择器          | 185 | * 第 11 章 脉冲波形的产生与变换(选学)     |     |
| 8.4.2 数据分配器          | 187 |                             | 224 |
| 本章小结                 | 190 | 11.1 多谐振荡器                  | 224 |
| 自我测评                 | 190 | 11.1.1 RC 耦合多谐振荡器           | 224 |
| 第 9 章 集成触发器          | 192 | 11.1.2 石英晶体多谐振荡器            | 227 |
| 9.1 RS 触发器           | 192 | 11.2 单稳态触发器                 | 229 |
| 9.1.1 基本 RS 触发器      | 192 | 11.2.1 门电路构成的单稳态触<br>发器     | 229 |
| 9.1.2 同步 RS 触发器      | 195 | 11.2.2 集成单稳态触发器             | 230 |
| 9.2 触发器的几种常用触发<br>方式 | 197 | 11.3 施密特触发器                 | 232 |
| 9.2.1 同步式触发          | 197 | 11.3.1 门电路构成的施密特触<br>发器     | 233 |
| 9.2.2 上升沿触发          | 197 | 11.3.2 集成施密特触发器             | 235 |
| 9.2.3 下降沿触发          | 197 | 11.4 555 时基电路及应用            | 236 |
| 9.2.4 主从触发           | 198 | 11.4.1 555 时基电路             | 236 |
| 9.3 JK 触发器           | 199 | 11.4.2 555 时基电路组成多谐<br>振荡器  | 238 |
| 9.3.1 电路组成和电路图形符号    | 200 | 11.4.3 555 时基电路组成单稳<br>态触发器 | 240 |
| 9.3.2 逻辑功能           | 200 | 11.4.4 555 时基电路组成施密<br>特触发器 | 241 |
| 9.3.3 集成 JK 触发器      | 201 |                             |     |
| 9.4 D 触发器            | 203 |                             |     |
| 9.4.1 电路图形符号         | 203 |                             |     |
| 9.4.2 逻辑功能分析         | 203 |                             |     |

|                  |     |                   |     |
|------------------|-----|-------------------|-----|
| 本章小结             | 242 | 项目 9 电感三点式振荡器的调试  | 260 |
| 自我测评             | 242 | (选做)              | 260 |
| 实践技能训练           | 245 | 项目 10 调幅电路与检波电路的波 | 262 |
| 项目 1 常用电子仪器的使用   | 245 | 形观察(选做)           | 262 |
| 项目 2 二极管和三极管的检测  | 246 | 项目 11 基本逻辑电路的功能   | 264 |
| 项目 3 单管低频放大器的安装与 | 247 | 检测                | 264 |
| 调试               | 247 | 项目 12 组合逻辑电路的应用   | 265 |
| 项目 4 集成运算放大器应用   | 250 | 项目 13 触发器的功能检测与   | 267 |
| 项目 5 负反馈放大器性能的   | 252 | 应用                | 267 |
| 测试               | 252 | 项目 14 制作数码显示计数器   | 270 |
| 项目 6 集成功率放大器的安装与 | 255 | 项目 15 555 时基电路的应用 | 271 |
| 测量               | 255 | (选做)              | 271 |
| 项目 7 整流滤波电路安装与   | 256 | 自我测评答案            | 274 |
| 实验               | 256 | 参考文献              | 283 |
| 项目 8 直流稳压电源制作与性能 | 258 |                   |     |
| 测试               | 258 |                   |     |

# 第1章

## 半导体器件



半导体器件是指用半导体材料制成的电子器件,常用的有二极管、三极管、场效晶体管等。半导体器件具有体积小、质量轻、耗电少、工作可靠和寿命长等突出优点,所以应用极为广泛。电子线路由半导体器件及电阻、电容、电感等元件构成,因而学习电子线路首先要了解和掌握各种常用半导体器件的结构、工作原理、特性和参数,为学习各种功能电子电路奠定基础。



### 1.1 半导体的基本特性

#### 学习任务

- 能从物质的导电能力来理解半导体的概念;
- 知道半导体的三个主要特性;
- 掌握 N 型、P 型半导体的形成与特点。

#### 1.1.1 半导体的导电性能

自然界的所有物质按照它们的导电能力不同,可分为导体、绝缘体和半导体三大类。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间。目前用来制造半导体器件的材料主要是锗和硅,它们都是四价元素,具有晶体结构,所以半导体又称晶体。在这种晶体结构中,每个原子最外层的 4 个价电子分别与相邻原子的 1 个价电子组成电子对,这种结构称为共价键结构,如图 1-1 所示。由原子理论可知,每个原子的最外层有 8 个价电子属于比较稳定的状态。在常温下,大多数的价电子均被束缚在原子周围,不易自由移动。只有少量的价电子挣脱共价键的束缚成为自由电子,自由电子逸出的空位就形成空穴。自由电子带负电,空穴带正电,在外电场的作用下能定向移动形成电流。由于在常温状况下,纯净半导体内的自由电子和空穴浓度很低,所以导电能力也较弱。

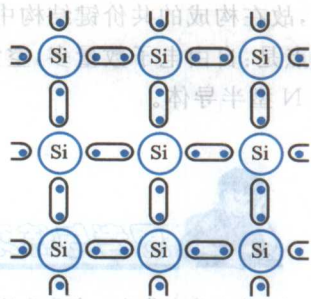


图 1-1 半导体晶体结构示意图

### 1.1.2 半导体的主要特性

半导体之所以得到广泛的应用,是因为人们发现半导体具有以下三个奇妙且可贵的特性:

#### 1. 掺杂性

在纯净的半导体中掺入微量的三价或五价元素,则它的导电性能将大大增强。应用掺杂技术可以制造出晶体二极管、晶体三极管、场效晶体管、晶闸管和集成电路等半导体器件。

#### 2. 热敏性

温度对半导体的导电能力影响很大。温度越高,价电子获得的能量越大,挣脱共价键束缚成为自由电子和空穴对就越多,导电能力就越强。利用半导体对温度十分敏感的特性,可以制成热敏电阻及其他热敏元件,常用于自动控制电路中。

#### 3. 光敏性

半导体受到光照时,自由电子和空穴对数量会增多,导电能力随之增强,这就是半导体的光敏性。利用这种特性能制造各种光电器件,例如光电二极管、光电三极管、光控晶闸管和光电池等,从而实现路灯、航标灯的自动控制或制成火灾报警装置、光电控制开关及太阳能电池等。

### 1.1.3 P型半导体和N型半导体

在硅、锗半导体中,人为掺入微量的其他元素后,所得的半导体称为杂质半导体,其类型有P型半导体和N型半导体,这两种半导体是制造各种半导体器件的基础材料。

#### 1. P型半导体

在纯净半导体硅或锗中掺入硼、铝等三价元素,由于三价元素的原子最外层只有3个价电子,故在构成的共价键结构中由于缺少价电子而形成大量的空穴。这类掺杂后导体的特点是:空穴数量多,自由电子数量少,参与导电的主要是带正电的空穴,故称为空穴半导体或P型半导体。

#### 2. N型半导体

在纯净半导体硅或锗中掺入微量磷、砷等五价元素,由于五价元素的原子最外层有5个价电子,故在构成的共价键结构中由于存在多余的价电子而产生大量自由电子。这类杂质半导体的特点是:自由电子数量多,空穴数量少,参与导电的主要是带负电的自由电子,故称为电子半导体或N型半导体。



1. 什么是半导体? 半导体的主要特性是什么?
2. 什么是P型半导体? 什么是N型半导体?
3. N型半导体本身是带负电、还是电中性? 为什么?

此, 对 应 串 联 电 路 示 意 图 对 应 的 管 脚 二, 对 应 串 联 电 路 示 意 图 对 应 的 管 脚 二, 对 应 串 联 电 路 示 意 图 对 应 的 管 脚 二

对 应 串 联 电 路 示 意 图 对 应 的 管 脚 二, 对 应 串 联 电 路 示 意 图 对 应 的 管 脚 二



## 1.2 晶体二极管

### 学习任务

- 掌握二极管的导电特性;
- 了解二极管的伏安特性曲线;
- 了解二极管的型号、参数, 学习二极管的简易测量方法。

对 应 串 联 电 路 示 意 图 对 应 的 管 脚 二

### 1.2.1 二极管的结构与电路图形符号

图 1-2 所示为用于电视机、收音机、电源装置等电子产品中的各种不同外形的二极管。二极管通常用塑料、玻璃或金属材料作为封装外壳, 外壳上一般印有标记以便区别正、负电极。

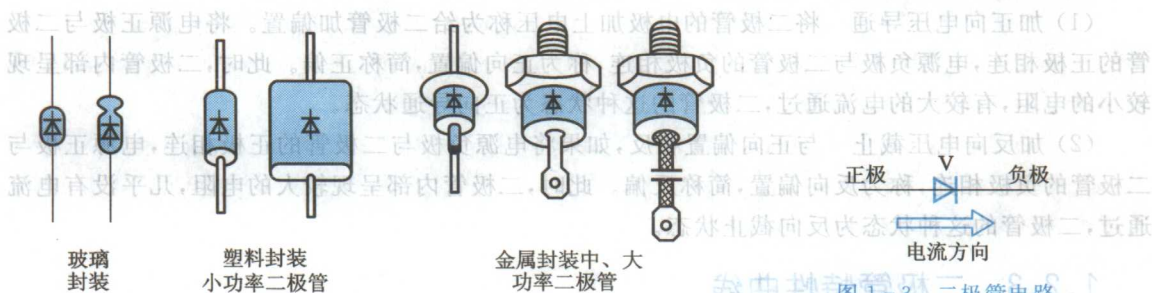


图 1-2 常见二极管外形图

图 1-3 二极管电路图形符号

在电子线路图中, 用规定的电路图形符号和文字符号来代表二极管, 如图 1-3 所示。电路图形符号的箭头一边代表正极, 另一边代表负极, 而箭头所指方向是正向电流流通的方向, 国家标准中用 V 表示二极管, 有些文献或实际产品技术文件中也用 VD 或 D 表示二极管。

### 1.2.2 二极管的结构与导电特性

#### 1. 结构

二极管的基本结构如图 1-4 所示。采用掺杂工艺, 使半导体材料的一边形成 P 型半导体区域, 另一边形成 N 型半导体区域, 在 P 型与 N 型半导体的交界面会形成一个具有特殊电性能的薄层, 称为 PN 结。从 P 区引出的电极作为正极, 从 N 区引出的电极作为负极。

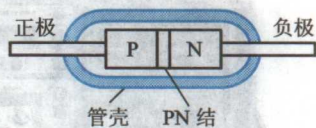


图 1-4 二极管基本结构

#### 2. 导电特性

为了观察二极管的导电特性, 将二极管串联到电池和指示灯组成的电路中。

按图 1-5(a) 连接电路, 二极管的正极接电源正极, 二极管的负极通过指示灯接电源负极, 此时指示灯亮, 表示二极管导通。

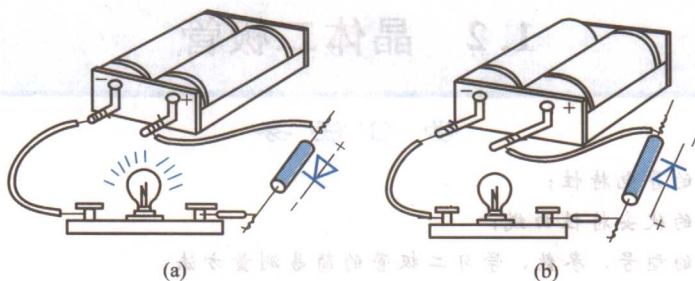


图 1-5 二极管导电特性实验

(a) 加正向电压, 二极管导通 (b) 加反向电压, 二极管截止

按图 1-5(b) 连接电路, 二极管的负极接电源正极, 二极管的正极通过指示灯接电源负极, 此时指示灯不亮, 表示二极管不导通。

通过观察以上实验证实, 二极管具有单向导电性。

(1) 加正向电压导通 将二极管的电极加上电压称为给二极管加偏置。将电源正极与二极管的正极相连, 电源负极与二极管的负极相连, 称为正向偏置, 简称正偏。此时, 二极管内部呈现较小的电阻, 有较大的电流通过, 二极管的这种状态为正向导通状态。

(2) 加反向电压截止 与正向偏置相反, 如果将电源负极与二极管的正极相连, 电源正极与二极管的负极相连, 称为反向偏置, 简称反偏。此时, 二极管内部呈现较大的电阻, 几乎没有电流通过, 二极管的这种状态为反向截止状态。

### 1.2.3 二极管特性曲线

为了更准确、更全面地了解二极管的导电特性, 需要分析二极管的电流  $i_D$  与加在二极管两端的电压  $v_D$  的关系曲线, 该曲线通常称为二极管伏安特性曲线, 利用晶体管特性图示仪 (见图 1-6) 能十分方便地测量获得。图 1-7 所示为二极管的伏安特性曲线。



图 1-6 晶体管特性图示仪

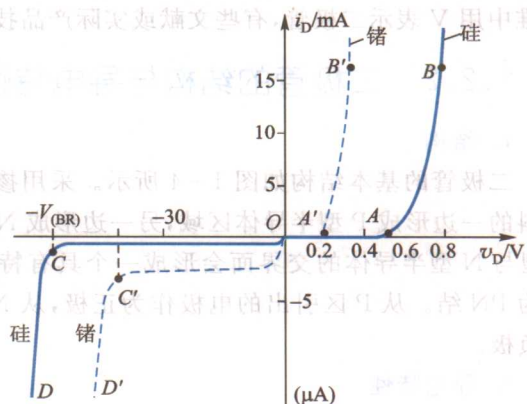


图 1-7 二极管伏安特性曲线

### 1. 正向特性

图 1-7 第一象限的曲线代表正向偏置的情况,它分为死区和正向导通区两部分。

(1) 死区 当二极管外加正向电压较小时,正向电流几乎为零,称为正向特性的死区。在图 1-7 中,硅二极管的  $OA$  曲线段为死区,锗二极管的  $OA'$  曲线段为死区。一般硅二极管的死区电压  $V_{th} \approx 0.5 \text{ V}$ ,锗二极管  $V_{th} \approx 0.2 \text{ V}$ 。

(2) 正向导通区 在图 1-7 中,硅管的  $AB$  段、锗管的  $A'B'$  段为正向导通区。当二极管正向电压大于死区电压  $V_{th}$  时,电流随电压增加,二极管处于导通状态。二极管导通后两端电压基本保持不变,硅二极管的导通电压约为  $0.7 \text{ V}$ ,锗二极管的导通电压约为  $0.3 \text{ V}$ 。

### 2. 反向特性

图 1-7 第三象限的曲线代表反向偏压的情况。它分为反向截止区和反向击穿区两部分。

(1) 反向截止区 图 1-7 中的  $OC$ 、 $OC'$  段为反向截止区。当二极管承受的反向电压未达到击穿电压  $V_{(BR)}$  时,二极管呈现很大电阻,此时仅有微小的反向电流  $I_R$ ,称为反向饱和电流。

(2) 反向击穿区 图 1-7 中的  $CD$ 、 $C'D'$  段为反向击穿区。当二极管承受的反向电压已达到击穿电压  $V_{(BR)}$  时,反向电流急剧增加,该现象称为二极管反向击穿。实际应用时,普通二极管不允许外加反向电压高于击穿电压,否则会因电流过大而损坏管子。

### 1.2.4 二极管使用常识

二极管的类型非常多,从晶体管手册可以查找常用二极管的技术参数和使用资料,这些参数是正确使用二极管的依据。一般晶体管手册包括以下基本内容:器件型号、主要参数、主要用途、器件外形等。表 1-1 所示为几种典型二极管技术参数。

表 1-1 几种典型二极管技术参数表

| 型 号    | 最大整流电流<br>$I_{FM}/\text{mA}$ | 最高反向工作电压<br>$V_{RM}/\text{V}$ | 反向饱和电流<br>$I_R/\text{mA}$ | 最高工作频率<br>$f_M/\text{MHz}$ | 主要用途  |
|--------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------|
| 2AP1   | 16                           | 20                            |                           | 150                        | 检波二极管 |
| 2CK84  | 100                          | $\geq 30$                     | $\leq 1$                  |                            | 开关二极管 |
| 2CP31  | 250                          | 25                            | $\leq 0.3$                |                            | 整流二极管 |
| 2CZ11D | 1 000                        | 300                           | $\leq 0.6$                |                            | 整流二极管 |

#### 1. 二极管型号

每种二极管都有一个型号,按照国家标准 GB 249—1974 的规定,国产二极管的型号由五部分组成。

第一部分为数字“2”,表示二极管。

第二部分是用拼音字母表示管子的材料,“A”为 N 型锗管,“B”为 P 型锗管,“C”为 N 型硅管,“D”为 P 型硅管。

第三部分是用拼音字母表示管子的类型,“P”为普通二极管,“Z”为整流二极管,“K”为开关二极管,“W”为稳压二极管。

第四部分用数字表示器件的序号,序号不同的二极管其特性不同。

第五部分用拼音字母表示规格号,序号相同、规格号不同的二极管特性差别不大,只是某个