

考研新版
全国881所研招院校

硕士研究生入学招生考试 考研专业课精品资料

2026 年仲恺农业工程学院

《815 电工电子技术基础》考研精品资料

附赠：重点名校真题汇编

策划：考研辅导资料编写组

真题汇编 明确考点
考研笔记 梳理重点
核心题库 强化训练
模拟试题 查漏补缺

高分学长学姐推荐



【初试】2026 年 仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研精品资料

说明：本套资料由高分研究生潜心整理编写，高清电子版支持打印，考研推荐资料。

一、重点名校考研真题汇编及考研大纲**1. 附赠重点名校：电工学(电工电子学)相关 2011-2021、2023 年考研真题汇编(暂无答案)**

说明：本科目没有收集到历年考研真题，赠送重点名校考研真题汇编，因不同院校真题相似性极高，甚至部分考题完全相同，建议考生备考过程中认真研究其他院校的考研真题。

2. 仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研大纲**①2025 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研大纲。**

说明：考研大纲给出了考试范围及考试内容，是考研出题的重要依据，同时也是分清重难点进行针对性复习的推荐资料，本项为免费提供。

二、2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研资料**3. 《模拟电子技术基础》考研相关资料****(1) 《模拟电子技术基础》[笔记+课件+提纲]****①仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《模拟电子技术基础》考研复习笔记。**

说明：本书重点复习笔记，条理清晰，重难点突出，提高复习效率，基础强化阶段必备资料。

②仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《模拟电子技术基础》本科生课件。

说明：参考书配套授课 PPT 课件，条理清晰，内容详尽，非本校课件，版权归属制作教师，本项免费赠送。

③仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《模拟电子技术基础》复习提纲。

说明：该科目复习重难点提纲，提炼出重难点，有的放矢，提高复习针对性。

(2) 《模拟电子技术基础》考研核心题库(含答案)**①仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研核心题库之《模拟电子技术基础》计算分析题精编。**

说明：本题库涵盖了该考研科目常考题型及重点题型，根据历年考研大纲要求，结合考研真题进行的分类汇编并给出了详细答案，针对性强，是考研复习推荐资料。

4. 《数字电子技术基础》考研相关资料**(1) 《数字电子技术基础》[笔记+提纲]****①仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《数字电子技术基础》考研复习笔记。**

说明：本书重点复习笔记，条理清晰，重难点突出，提高复习效率，基础强化阶段必备资料。

②仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《数字电子技术基础》复习提纲。

说明：该科目复习重难点提纲，提炼出重难点，有的放矢，提高复习针对性。

(2) 《数字电子技术基础》考研核心题库(含答案)**①仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《数字电子技术基础》考研核心题库精编。**

说明：本题库涵盖了该考研科目常考题型及重点题型，根据历年考研大纲要求，结合考研真题进行的分类汇编并给出了详细答案，针对性强，是考研复习推荐资料。

5. 《电工学》考研相关资料**(1) 《电工学》[笔记+课件+提纲]**

①仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《电工学》考研复习笔记。

说明：本书重点复习笔记，条理清晰，重难点突出，提高复习效率，基础强化阶段必备资料。

②仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《电工学》本科生课件。

说明：参考书配套授课 PPT 课件，条理清晰，内容详尽，非本校课件，版权归属制作教师，本项免费赠送。

③仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《电工学》复习提纲。

说明：该科目复习重难点提纲，提炼出重难点，有的放矢，提高复习针对性。

(2)《电工学·电工技术》考研核心题库(含答案)**①仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《电工学·电工技术》考研核心题库精编。**

说明：本题库涵盖了该考研科目常考题型及重点题型，根据历年考研大纲要求，结合考研真题进行的分类汇编并给出了详细答案，针对性强，是考研复习推荐资料。

(3)《电工学·电工技术》考研题库[仿真+强化+冲刺]**①2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电工技术考研专业课五套仿真模拟题。**

说明：严格按照本科目最新专业课真题题型和难度出题，共五套全仿真模拟试题含答案解析。

②2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电工技术考研强化五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课强化检测使用。共五套强化模拟题，均含有详细答案解析，考研强化复习必备。

③2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电工技术考研冲刺五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课冲刺检测使用。共五套冲刺预测试题，均有详细答案解析，最后冲刺必备资料。

(4)《电工学.电子技术》考研核心题库(含答案)**①仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之《电工学.电子技术》考研核心题库精编。**

说明：本题库涵盖了该考研科目常考题型及重点题型，根据历年考研大纲要求，结合考研真题进行的分类汇编并给出了详细答案，针对性强，是考研复习推荐资料。

(5)《电工学.电子技术》考研题库[仿真+强化+冲刺]**①2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学.电子技术考研专业课五套仿真模拟题。**

说明：严格按照本科目最新专业课真题题型和难度出题，共五套全仿真模拟试题含答案解析。

②2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学.电子技术考研强化五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课强化检测使用。共五套强化模拟题，均含有详细答案解析，考研强化复习必备。

③2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学.电子技术考研冲刺五套模拟题及详细答案解析。

说明：专业课冲刺检测使用。共五套冲刺预测试题，均有详细答案解析，最后冲刺必备资料。

三、电子版资料全国统一零售价

本套考研资料包含以上一、二部分(不含教材)，全国统一零售价：[¥]

四、2026 年研究生入学考试指定/推荐参考书目(资料不包括教材)

仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研初试参考书

《秦曾煌. 电工学》(第七版). 北京: 高等教育出版社, 2009。

《模拟电子技术基础》, 童诗白, 清华大学出版社, 2015, 第五版。

《数字电子技术基础》, 阎石, 清华大学出版社, 2016, 第六版。

五、本套考研资料适用学院

机电工程学院

六、本专业一对一辅导(资料不包含, 需另付费)

提供本专业高分学长一对一辅导及答疑服务, 需另付费, 具体辅导内容计划、课时、辅导方式、收费标准等详情请咨询机构或商家。

七、本专业报录数据分析报告(资料不包含, 需另付费)

提供本专业近年报考录取数据及调剂分析报告, 需另付费, 报录数据包括:

- ①报录数据-本专业招生计划、院校分数线、录取情况分析 & 详细录取名单;
- ②调剂去向-报考本专业未被录取的考生调剂去向院校及详细名单。

版权声明

编写组依法对本书享有专有著作权, 同时我们尊重知识产权, 对本电子书部分内容参考和引用的市面上已出版或发行图书及来自互联网等资料的文字、图片、表格数据等资料, 均要求注明作者和来源。但由于各种原因, 如资料引用时未能联系上作者或者无法确认内容来源等, 因而有部分未注明作者或来源, 在此对原作者或权利人表示感谢。若使用过程中对本书有任何异议请直接联系我们, 我们会在第一时间与您沟通处理。

因编撰此电子书属于首次, 加之作者水平和时间所限, 书中错漏之处在所难免, 恳切希望广大考生读者批评指正。

目录

封面.....	1
目录.....	5
仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研大纲	11
2025 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研大纲.....	11
2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研核心笔记	13
《模拟电子技术基础》考研核心笔记	13
第 1 章 半导体基础知识	13
考研提纲及考试要求	13
考研核心笔记.....	13
第 2 章 基本放大电路	21
考研提纲及考试要求	21
考研核心笔记.....	21
第 3 章 集成运算放大电路	44
考研提纲及考试要求	44
考研核心笔记.....	44
第 4 章 放大电路的频率响	64
考研提纲及考试要求	64
考研核心笔记.....	64
第 5 章放大电路的反馈	76
考研提纲及考试要求	76
考研核心笔记.....	76
第 6 章 信号的运算和处理	84
考研提纲及考试要求	84
考研核心笔记.....	84
第 7 章 波形的发生和信号的转换	97
考研提纲及考试要求	97
考研核心笔记.....	97
第 8 章 功率放大电路	101
考研提纲及考试要求	101
考研核心笔记.....	101
第 9 章 直流电源	112
考研提纲及考试要求	112
考研核心笔记.....	112
第 10 章 模拟电子电路读图	122
考研提纲及考试要求	122
考研核心笔记.....	122

《数字电子技术基础》考研核心笔记	128
第 1 章 数制和码制	128
考研提纲及考试要求	128
考研核心笔记	128
第 2 章 逻辑代数基础	133
考研提纲及考试要求	133
考研核心笔记	133
第 3 章 门电路	138
考研提纲及考试要求	138
考研核心笔记	138
第 4 章 组合逻辑电路	146
考研提纲及考试要求	146
考研核心笔记	146
第 5 章 触发器	156
考研提纲及考试要求	156
考研核心笔记	156
第 6 章 时序逻辑电路	164
考研提纲及考试要求	164
考研核心笔记	164
第 7 章 半导体存储器	168
考研提纲及考试要求	168
考研核心笔记	168
第 8 章 可编程逻辑器件	171
考研提纲及考试要求	171
考研核心笔记	171
第 9 章 硬件描述语言简介	174
考研提纲及考试要求	174
考研核心笔记	174
第 10 章 脉冲波形的产生和整形	178
考研提纲及考试要求	178
考研核心笔记	178
第 11 章 数-模和模-数转换	184
考研提纲及考试要求	184
考研核心笔记	184
《电工学》考研核心笔记	187
第 1 章 电路的基本概念与基本定律	187
考研提纲及考试要求	187
考研核心笔记	187
第 2 章 电路的分析方法	199

考研提纲及考试要求	199
考研核心笔记	199
第 3 章 电路的暂态分析	210
考研提纲及考试要求	210
考研核心笔记	210
第 4 章 正弦交流电路	218
考研提纲及考试要求	218
考研核心笔记	218
第 5 章 三相电路	239
考研提纲及考试要求	239
考研核心笔记	239
第 6 章 磁路与铁心线圈电路	246
考研提纲及考试要求	246
考研核心笔记	246
第 7 章 交流电动机	256
考研提纲及考试要求	256
考研核心笔记	256
第 8 章 直流电动机	273
考研提纲及考试要求	273
考研核心笔记	273
第 9 章 控制电机	285
考研提纲及考试要求	285
考研核心笔记	285
第 10 章 继电器接触器控制系统	291
考研提纲及考试要求	291
考研核心笔记	291
第 11 章 可编程控制器及其应用	301
考研提纲及考试要求	301
考研核心笔记	301
第 12 章 工业企业供电与安全用电	315
考研提纲及考试要求	315
考研核心笔记	315
第 13 章 电工测量	325
考研提纲及考试要求	325
考研核心笔记	325
2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研辅导课件	340
《模拟电子技术基础》考研辅导课件	340
《电工学》考研辅导课件	436
2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研复习提纲	635

《模拟电子技术基础》考研复习提纲	635
《数字电子技术基础》考研复习提纲	638
《电工学》考研复习提纲	641
2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研核心题库	645
《模拟电子技术基础》考研核心题库之计算题精编	645
《数字电子技术基础》考研核心题库之简答题精编	679
《数字电子技术基础》考研核心题库之分析计算题精编	726
《电工学·电工技术》考研核心题库之选择题精编	773
《电工学·电工技术》考研核心题库之填空题精编	795
《电工学·电工技术》考研核心题库之计算题精编	799
《电工学·电子技术》考研核心题库之选择题精编	902
《电工学·电子技术》考研核心题库之填空题精编	930
《电工学·电子技术》考研核心题库之分析计算题精编	951
2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研题库[仿真+强化+冲刺]	1050
仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电工技术考研仿真五套模拟题	1050
2026 年电工学·电工技术五套仿真模拟题及详细答案解析（一）	1050
2026 年电工学·电工技术五套仿真模拟题及详细答案解析（二）	1055
2026 年电工学·电工技术五套仿真模拟题及详细答案解析（三）	1061
2026 年电工学·电工技术五套仿真模拟题及详细答案解析（四）	1066
2026 年电工学·电工技术五套仿真模拟题及详细答案解析（五）	1070
仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电工技术考研强化五套模拟题	1075
2026 年电工学·电工技术五套强化模拟题及详细答案解析（一）	1075
2026 年电工学·电工技术五套强化模拟题及详细答案解析（二）	1080
2026 年电工学·电工技术五套强化模拟题及详细答案解析（三）	1084
2026 年电工学·电工技术五套强化模拟题及详细答案解析（四）	1088
2026 年电工学·电工技术五套强化模拟题及详细答案解析（五）	1092
仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电工技术考研冲刺五套模拟题	1097
2026 年电工学·电工技术五套冲刺模拟题及详细答案解析（一）	1097
2026 年电工学·电工技术五套冲刺模拟题及详细答案解析（二）	1101
2026 年电工学·电工技术五套冲刺模拟题及详细答案解析（三）	1107
2026 年电工学·电工技术五套冲刺模拟题及详细答案解析（四）	1111
2026 年电工学·电工技术五套冲刺模拟题及详细答案解析（五）	1116
仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电子技术考研仿真五套模拟题	1120
2026 年电工学·电子技术五套仿真模拟题及详细答案解析（一）	1120
2026 年电工学·电子技术五套仿真模拟题及详细答案解析（二）	1126
2026 年电工学·电子技术五套仿真模拟题及详细答案解析（三）	1133
2026 年电工学·电子技术五套仿真模拟题及详细答案解析（四）	1137
2026 年电工学·电子技术五套仿真模拟题及详细答案解析（五）	1143
仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础之电工学·电子技术考研强化五套模拟题	1148

仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研大纲

2025 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研大纲

2025 年硕士研究生招生考试大纲及参考书目

考试科目名称（代码）：电工电子技术基础（815）

满分：150 分

考试内容范围[参考书目（作者、出版单位、年份、版次）]

一、考试要求

电工学

主要考察考生掌握应用电路基础的基本概念、基本理论和基本方法来分析和计算从工程实际中简化出来的各种直流电路、一阶电路、交流电路、变压器等练习，具有一定的分析解决实际问题的能力；能运用所学知识解决机械电子工程有关电路基础方面的实际问题。

模拟电子技术

主要考察考生是否掌握有关模拟电子线路的基本原理及常用电路的分析和设计方法，包括对模拟电子技术基本概念的理解程度，应用基本理论和分析方法对电路进行分析、计算和设计的能力。

数字电子技术

主要考察考生是否掌握有关数字电子线路的基本原理及常用电路的分析和设计方法，包括对数字电路的基本概念和基本定理的理解程度，应用数字电路的基本原理和方法对组合逻辑电路、时序逻辑电路进行分析和设计的能力。

二、考试内容

电工学

1. 电路模型及理想电路元件，电压、电流的参考方向，电路的有载工作状态、开路、短路，额定值及电功率、基尔霍夫定律、电位的概念及计算。
2. 电压源、电流源及其等效变换。支路电流法、结点电压法、叠加原理、戴维南定理、诺顿定理。
3. 电路的暂态与稳态。换路定则。一阶电路的零输入响应、零状态响应、全响应、时间常数，三要素法，RC、RL 一阶电路。
4. 正弦交流电路的三要素、相量法表示、有效值。R、L、C 及其交流电路。电路基本定律的相量形式、复阻抗和相量图。用相量计算正弦交流电路。有功功率、无功功率和视在功率。功率因数的提高。串、并联谐振及特点。
5. 三相电源、三相负载，三相电路的分析计算，三相电功率的计算和测量。
6. 交流铁芯线圈电路。单相变压器的构造、工作原理（电压，电流、阻抗变换）、额定值、外特性及绕阻的极性、三相变压器。

模拟电子技术

1. 二极管的伏安特性及晶体管的输入、输出特性，三极管类型判断、伏安特性及晶体管的输入、输出特性，电流放大系数，放大条件，工作区。
2. 三种（共射、共集、共基）基本放大电路静态工作点和动态指标，分析具有发射极电阻的共射放大电路以及射极输出器。
3. 差动放大器的静态和电压放大倍数、输入电阻和输出电阻，镜像电流源、恒流源电路结构和计算。
4. 上下限截止频率，通频带，增益等基本概念，一阶高通、低通电路及其响应。
5. 反馈的概念和类型的判别方法，负反馈对放大性能影响的定性分析。
6. 单相整流、滤波电路结构、参数、计算，串联反馈稳压电路结构、工作原理。

数字电子技术

1. 数制和码制、各码制之间的换算，逻辑代数中的基本运算和复合运算关系，逻辑函数的化简方法。
2. TTL 反相器的电路结构、工作原理、静态输入输出特性和动态特性。

3. 组合逻辑电路的分析方法和设计方法，常用的组合逻辑电路的功能及应用。
4. 触发器的电路结构、动作特点、逻辑功能及其描述方法，不同逻辑功能的触发器之间的转换方法。
5. 时序逻辑电路的分析和设计方法，常用的时序逻辑电路的功能和应用。

三、考试形式

电工电子技术

1. 考试形式为闭卷、笔试。
2. 考试时间为 3 小时，满分 150 分（其中电工学部分 50 分，模拟电子技术部分 50 分，数字电子技术部分 50 分）。

四、参考书目

1. 《秦曾煌. 电工学》（第七版）. 北京：高等教育出版社，2009。
2. 《模拟电子技术基础》，童诗白，清华大学出版社，2015，第五版。
3. 《数字电子技术基础》，阎石，清华大学出版社，2016，第六版。

2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研核心笔记

《模拟电子技术基础》考研核心笔记

第 1 章 半导体基础知识

考研提纲及考试要求

考点：半导体及其导电性能
考点：本征半导体的结构及其导电性能
考点：半导体的本征激发与复合现象
考点：半导体的导电机理
考点：杂质半导体
考点：PN 结的形成及其单向导电性
考点：PN 结伏安特性考点：

考研核心笔记

【核心笔记】常用半导体器件

1. 半导体及其导电性能

根据物体的导电能力的不同，电工材料可分为三类：导体、半导体和绝缘体。半导体可以定义为导电性能介于导体和绝缘体之间的电工材料，半导体的电阻率为 $10^{-3} \sim 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。典型的半导体有硅 Si 和锗 Ge 以及砷化镓 GaAs 等。半导体的导电能力在不同的条件下有很大的差别：当受外界热和光的作用时，它的导电能力明显变化；往纯净的半导体中掺入某些特定的杂质元素时，会使它的导电能力具有可控性；这些特殊的性质决定了半导体可以制成各种器件。

2. 本征半导体的结构及其导电性能

本征半导体是纯净的、没有结构缺陷的半导体单晶。制造半导体器件的半导体材料的纯度要达到 99.9999999%，常称为“九个 9”，它在物理结构上为共价键、呈单晶体形态。在热力学温度零度和没有外界激发时，本征半导体不导电。

3. 半导体的本征激发与复合现象

当导体处于热力学温度 0K 时，导体中没有自由电子。当温度升高或受到光的照射时，价电子能量增高，有的价电子可以挣脱原子核的束缚而参与导电，成为自由电子。这一现象称为本征激发（也称热激发）。因热激发而出现的自由电子和空穴是同时成对出现的，称为电子空穴对。

游离的部分自由电子也可能回到空穴中去，称为复合。

在一定温度下本征激发和复合会达到动态平衡，此时，载流子浓度一定，且自由电子数和空穴数相等。

4. 半导体的导电机理

自由电子的定向运动形成了电子电流，空穴的定向运动也可形成空穴电流，因此，在半导体中有自由电子和空穴两种承载电流的粒子（即载流子），这是半导体的特殊性质。空穴导电的实质是：相邻原子中的价电子（共价键中的束缚电子）依次填补空穴而形成电流。由于电子带负电，而电子的运动与空穴的运动方向相反，因此认为空穴带正电。

5. 杂质半导体

掺入杂质的本征半导体称为杂质半导体。杂质半导体是半导体器件的基本材料。在本征半导体中掺入五价元素（如磷），就形成 N 型（电子型）半导体；掺入三价元素（如硼、镓、铟等）就形成 P 型（空穴型）半导体。杂质半导体的导电性能与其掺杂浓度和温度有关，掺杂浓度越大、温度越高，其导电能力越强。

在 N 型半导体中，电子是多数载流子，空穴是少数载流子。

多子（自由电子）的数量 = 正离子数 + 少子（空穴）的数量

在 P 型半导体中，空穴是多数载流子，电子是少数载流子。

多子（空穴）的数量 = 负离子数 + 少子（自由电子）的数量

6. PN 结的形成及其单向导电性

半导体中的载流子有两种有序运动：载流子在浓度差作用下的扩散运动和电场作用下的漂移运动。同一块半导体单晶上形成 P 型和 N 型半导体区域，在这两个区域的交界处，当多子扩散与少子漂移达到动态平衡时，空间电荷区（亦称为耗尽层或势垒区）的宽度基本上稳定下来，PN 结就形成了。

当 P 区的电位高于 N 区的电位时，称为加正向电压（或称为正向偏置），此时，PN 结导通，呈现低电阻，流过 mA 级电流，相当于开关闭合；

当 N 区的电位高于 P 区的电位时，称为加反向电压（或称为反向偏置），此时，PN 结截止，呈现高电阻，流过 μA 级电流，相当于开关断开。

PN 结是半导体的基本结构单元，其基本特性是单向导电性：即当外加电压极性不同时，PN 结表现出截然不同的导电性能。

PN 结加正向电压时，呈现低电阻，具有较大的正向扩散电流；PN 结加反向电压时，呈现高电阻，具有很小的反向漂移电流。这正是 PN 结具有单向导电性的具体表现。

7. PN 结伏安特性

PN 结伏安特性方程：

$$i = I_s \left(e^{\frac{u}{U_T}} - 1 \right)$$

式中： I_s 为反向饱和电流； U_T 为温度电压当量，当 $T=300\text{K}$ 时， $U_T \approx 26\text{mV}$

当 $u > 0$ 且 $u \gg U_T$ 时， $i \approx I_s e^{\frac{u}{U_T}}$ ，伏安特性呈非线性指数规律；

当 $u < 0$ 且 $|u| \gg U_T$ 时， $i \approx -I_s \approx 0$ ，电流基本与 u 无关；由此亦可说明 PN 结具有单向导电性能。

PN 结的反向击穿特性：当 PN 结的反向电压增大到一定值时，反向电流随电压数值的增加而急剧增大。PN 结的反向击穿有两类：齐纳击穿和雪崩击穿。无论发生哪种击穿，若对其电流不加以限制，都可能造成 PN 结的永久性损坏。

8. PN 结温度特性

当温度升高时，PN 结的反向电流增大，正向导通电压减小。这也是半导体器件热稳定性差的主要原因。

9. PN 结电容效应

PN 结具有一定的电容效应，它由两方面的因素决定：一是势垒电容 C_B ，二是扩散电容 C_D ，它们均为非线性电容。

势垒电容是耗尽层变化所等效的电容。势垒电容与 PN 结的面积、空间电荷区的宽度和外加电压等因

素有关。

扩散电容是扩散区内电荷的积累和释放所等效的电容。扩散电容与 PN 结正向电流和温度等因素有关。

PN 结电容由势垒电容和扩散电容组成。PN 结正向偏置时，以扩散电容为主；反向偏置时以势垒电容为主。只有在信号频率较高时，才考虑结电容的作用。

【核心笔记】半导体二极管

1. 半导体二极管的几种常见结构及其应用场合

在 PN 结上加上引线 and 封装，就成为一个二极管。二极管按结构分为点接触型、面接触型和平面型三大类。

点接触型二极管 PN 结面积小，结电容小，常用于检波和变频等高频电路。面接触型二极管 PN 结面积大，结电容大，用于工频大电流整流电路。平面型二极管 PN 结面积可大可小，PN 结面积大的，主要用于功率整流；结面积小的可作为数字脉冲电路中的开关管。

2. 二极管的伏安特性以及与 PN 结伏安特性的区别

半导体二极管的伏安特性曲线，处于第一象限的是正向伏安特性曲线，处于第三象限的是反向伏安特性曲线。

(1) 正向特性：当 $V > 0$ ，即处于正向特性区域。正向区又分为两段：

①当 $0 < V < U_{on}$ 时，正向电流为零， U_{on} 称为死区电压或开启电压。

②当 $V > U_{on}$ 时，开始出现正向电流，并按指数规律增长。

(2) 反向特性：当 $V < 0$ 时，即处于反向特性区域。反向区也分两个区域：

①当 $V_{BR} < V < 0$ 时，反向电流很小，且基本不随反向电压的变化而变化，此时的反向电流也称反向饱和电流 I_S 。

②当 $V \leq V_{BR}$ 时，反向电流急剧增加， V_{BR} 称为反向击穿电压。

从击穿的机理上看，硅二极管若 $|V_{BR}| \geq 7V$ 时，主要是雪崩击穿；若 $V_{BR} \leq 4V$ 则主要是齐纳击穿，当在 $4V \sim 7V$ 之间两种击穿都有，有可能获得零温度系数点。

(3) 二极管的伏安特性与 PN 结伏安特性的区别：二极管的基本特性就是 PN 结的特性。与理想 PN 结不同的是，正向特性上二极管存在一个开启电压 U_{on} 。一般，硅二极管的 $U_{on} = 0.5V$ 左右，锗二极管的 $U_{on} = 0.1V$ 左右；二极管的反向饱和电流比 PN 结大。

3. 温度对二极管伏安特性的影响

温度对二极管的性能有较大的影响，温度升高时，反向电流将呈指数规律增加，硅二极管温度每增加 $8^\circ C$ ，反向电流将约增加一倍；锗二极管温度每增加 $12^\circ C$ ，反向电流大约增加一倍。

另外，温度升高时，二极管的正向压降将减小，每增加 $1^\circ C$ ，正向压降 U_D 大约减小 $2mV$ ，即具有负的温度系数。

4. 二极管的等效电路（或称为等效模型）

(1) 理想模型：即正向偏置时管压降为 0，导通电阻为 0；反向偏置时，电流为 0，电阻为 ∞ 。适用于信号电压远大于二极管压降时的近似分析。

(2) 简化电路模型：是根据二极管伏安特性曲线近似建立的模型，它用两段直线逼近伏安特性，即正向导通时压降为一个常量 U_{on} ；截止时反向电流为 0。

(3) 小信号电路模型：即在微小变化范围内，将二极管近似看成线性器件而将它等效为一个动态电阻 r_D 。这种模型仅限于用来计算叠加在直流工作点 Q 上的微小电压或电流变化时的响应。

5. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_F ：二极管长期工作允许通过的最大正向电流。在规定的散热条件下，二极管正向平均电流若超过此值，则会因结温过高而烧坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{BR} : 二极管工作时允许外加的最大反向电压。若超过此值, 则二极管可能因反向击穿而损坏。一般取 U_{BR} 值的一半。

(3) 电流 I_R : 二极管未击穿时的反向电流。对温度敏感。 I_R 越小, 则二极管的单向导电性越好。

(4) 最高工作频率 f_M : 二极管正常工作的上限频率。若超过此值, 会因结电容的作用而影响其单向导电性。

6. 稳压二极管 (稳压管) 及其伏安特性

稳压管是一种特殊的面接触型半导体二极管, 通过反向击穿特性实现稳压作用。稳压管的伏安特性与普通二极管类似, 其正向特性为指数曲线; 当外加反压的数值增大到一定程度时则发生击穿, 击穿曲线很陡, 几乎平行于纵轴, 当电流在一定范围内时, 稳压管表现出很好的稳压特性。

7. 稳压管等效电路

稳压管等效电路由两条并联支路构成:

(1) 加正向电压以及加反向电压而未击穿时, 与普通硅管的特性相同;

(2) 加反向电压且击穿后, 相当于理想二极管、电压源 U_Z 和动态电阻 r_Z 的串联。如 P16 图 1.18 所示。

8. 稳压管的主要参数

(1) 稳定电压 U_Z : 规定电流下稳压管的反向击穿电压。

(2) 最大稳定工作电流 I_{ZMAX} 和最小稳定工作电流 I_{ZMIN} : 稳压管的最大稳定工作电流取决于最大耗散功率, 即 $P_{Zmax}=U_Z I_{Zmax}$ 。而 I_{Zmin} 对应 U_{Zmin} 。若 $I_Z < I_{Zmin}$, 则不能稳压。

(3) 额定功耗 P_{ZM} : $P_{ZM}=U_Z I_{ZMAX}$, 超过此值, 管子会因结温升太高而烧坏。

(4) 动态电阻 r_Z : $r_Z=\Delta V_Z/\Delta I_Z$, 其概念与一般二极管的动态电阻相同, 只不过稳压二极管的动态电阻是从它的反向特性上求取的。 R_Z 愈小, 反映稳压管的击穿特性愈陡, 稳压效果愈好。

(5) 温度系数 α : 温度的变化将使 U_Z 改变, 在稳压管中, 当 $|U_Z| > 7V$ 时, U_Z 具有正温度系数, 反向击穿是雪崩击穿; 当 $|U_Z| < 4V$ 时, U_Z 具有负温度系数, 反向击穿是齐纳击穿; 当 $4V < |V_Z| < 7V$ 时, 稳压管可以获得接近零的温度系数。这样的稳压二极管可以作为标准稳压管使用。

9. 稳压管稳压电路

稳压二极管在工作时应反接, 并串入一只电阻。电阻有两个作用: 一是起限流作用, 以保护稳压管; 二是当输入电压或负载电流变化时, 通过该电阻上电压降的变化, 取出误差信号以调节稳压管的工作电流, 从而起到稳压作用。

10. 特殊二极管

与普通二极管一样, 特殊二极管也具有单向导电性。利用 PN 结击穿时的特性可制成稳压二极管, 利用发光材料可制成发光二极管, 利用 PN 结的光敏特性可制成光电二极管。

【核心笔记】双极型晶体管

1. 晶体管的主要类型和应用场合

双极型晶体管 BJT 是通过一定的工艺, 将两个 PN 结接合在一起而构成的器件, 是放大电路的核心元件, 它能控制能量的转换, 将输入的任何微小变化不失真地放大输出, 放大的对象是变化量。

BJT 常见外形有四种, 分别应用于小功率、中功率或大功率, 高频或低频等不同场合。

2. BJT 具有放大作用的内部条件和外部条件

《数字电子技术基础》考研核心笔记

第 1 章 数制和码制

考研提纲及考试要求

考点：数字量与模拟量
考点：数字信号的一些特点
考点：十进制数
考点：二进制数
考点：不同进制数的对照表

考研核心笔记

【核心笔记】概述

1. 数字量与模拟量

(1) 数字量：物理量的变化在时间上和数量上都是离散的。它们数值的大小和每次变化的增减变化都是某一个最小数量单位的整数倍，而小于这个最小数量单位的数值没有任何物理意义。

(2) 数字信号：表示数字量的信号。如矩形脉冲。

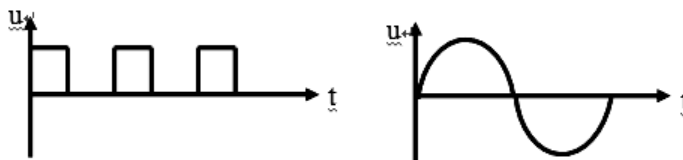
(3) 数字电路：工作在数字信号下的电子电路。

(4) 模拟量：物理量的变化在时间上和数值上都是连续的。

(5) 模拟信号：表示模拟量的信号。如正弦信号。

(6) 模拟电路：工作在模拟信号下的电子电路。

这个信号在连续变化过程中的任何一个取值都有具体的物理意义，即表示一个相应的温度。



2. 数字信号的一些特点

数字信号通常都是以数码形式给出的。

不同的数码不仅可以用来表示数量的不同大小，而且可以用来表示不同的事物或事物的不同状态。

【核心笔记】几种常用的数制

数制：把多位数码中每一位的构成方法以及从低位到高位进位的规则称为数制。

在数字电路中经常使用的计数进制有十进制、二进制和十六进制。有时也用到八进制。

1. 十进制数

十进制是日常生活中最常使用的进位计数制。在十进制数中，每一位有 0~9 十个数码，所以计数的基数是 10。超过 9 的数必须用多位数表示，其中低位和相邻高位之间的进位关系是“逢十进一”。

任意十进制数 D 的展开式：
$$D = \sum k_i 10^i$$

k_i 是第 i 位的系数，可以是 0~9 中的任何一个。

2. 二进制数

二进制数的进位规则是“逢二进一”，其进位基数 $R=2$ ，每位数码的取值只能是 0 或 1，每位的权是 2 的幂。

任何一个二进制数，可表示为： $D = \sum k_i 2^i$

3. 八进制数

八进制数的进位规则是“逢八进一”，其基数 $R=8$ ，采用的数码是 0、1、2、3、4、5、6、7，每位的权是 8 的幂。任何一个八进制数也可以表示为： $D = \sum k_i 8^i$

4. 十六进制数

十六进制数的特点是：

(1) 采用的 16 个数码为 0、1、2、...、9、A、B、C、D、E、F。符号 A~F 分别代表十进制数的 10~15。

(2) 进位规则是“逢十六进一”，基数 $R=16$ ，每位的权是 16 的幂。

5. 不同进制数的对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
00	0000	00	0
01	0001	01	1
02	0010	02	2
03	0011	03	3
04	0100	04	4
05	0101	05	5
06	0110	06	6
07	0111	07	7
08	1000	10	8
09	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

【核心笔记】不同数制间的转换

1. 二—十转换

二进制数转换成十进制数时，只要将二进制数按权展开，然后将各项数值按十进制数相加，便可得到等值的十进制数。

同理，若将任意进制数转换为十进制数，只需将数 $(N)_R$ 写成按权展开的多项式表示式，并按十进制规则进行运算，便可求得相应的十进制数 $(N)_{10}$ 。

2. 十—二转换

① 整数转换：除 2 取余法。

② 小数转换：乘 2 取整法。

小数部分乘 2 取整的过程，不一定能使最后乘积为 0，因此转换值存在误差。通常在二进制小数的精

度已达到预定的要求时，运算便可结束。

将一个带有整数和小数的十进制数转换成二进制数时，必须将整数部分和小数部分分别按除 2 取余法和乘 2 取整法进行转换，然后再将两者的转换结果合并起来即可。

同理，若将十进制数转换成任意 R 进制数 $(N)_R$ ，则整数部分转换采用除 R 取余法；小数部分转换采用乘 R 取整法。

3. 二进制数与八进制数、十六进制数之间的相互转换

八进制数和十六进制数的基数分别为 $8=2^3$ ， $16=2^4$ ，所以三位二进制数恰好相当一位八进制数，四位二进制数相当一位十六进制数，它们之间的相互转换是很方便的。

二进制数转换成八进制数的方法是从小数点开始，分别向左、向右，将二进制数按每三位一组分组(不足三位的补 0)，然后写出每一组等值的八进制数。

二进制数转换成十六进制数的方法和二进制数与八进制数的转换相似，从小数点开始分别向左、向右将二进制数按每四位一组分组(不足四位补 0)，然后写出每一组等值的十六进制数。

八进制数、十六进制数转换为二进制数的方法可以采用与前面相反的步骤，即只要按原来顺序将每一位八进制数(或十六进制数)用相应的三位(或四位)二进制数代替即可。

【核心笔记】二进制算数运算

算术运算：当两个数码分别表示两个数量大小时，它们可以进行数量间的加、减、乘、除等运算。这种运算称为算术运算。

1. 二进制算数运算的特点

逢二进一

加法运算	减法运算	乘法运算	除法运算
$\begin{array}{r} 1101.01 \\ +1001.11 \\ \hline 10111.00 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1101.01 \\ -1001.11 \\ \hline 0011.10 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 110 \\ \hline 0000 \\ 1101 \\ 1101 \\ \hline 1001110 \end{array}$	$\begin{array}{r} 101 \overline{)11011} \\ \underline{101} \\ 111 \\ \underline{101} \\ 10 \cdots \text{余数} \end{array}$

二进制算术运算的两个特点：

二进制的乘法运算可以通过若干次的“被乘数(或 0)左移 1 位”和“被乘数(或 0)与部分积相加”这两种操作完成；

二进制数的除法运算能通过若干次的“除数右移 1 位”和“从被除数或余数中减去除数”这两种操作完成。

2. 原码、反码和补码和补码运算

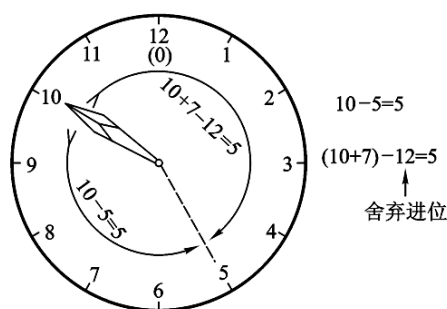
二进制数的正、负表示方法通常采用的是在二进制数的前面增加一位符号位。这种形式的数称为原码。

原码：符号位为 0 表示这个数是正数，符号位为 1 表示这个数是负数。以下各位表示数值。

在做减法运算时，如果两个数是用原码表示的，则首先需要比较两数绝对值的大小，然后以绝对值大的一个作为被减数、绝对值小的一个作为减数，求出差值，并以绝对值大的一个数的符号作为差值的符号。

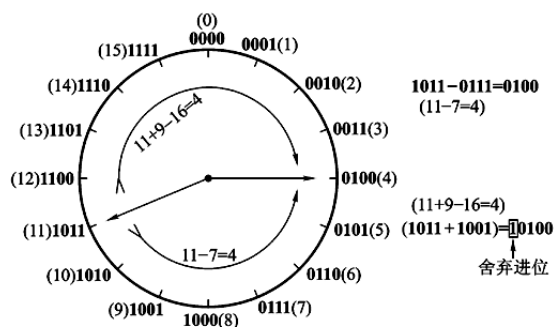
这个操作过程比较麻烦，而且需要使用数值比较电路和减法运算电路。

如果用两数的补码相加代替上述减法运算，则计算过程中就无需使用数值比较电路和减法运算电路了，从而使减法运算器的电路结构大为简化。



10-5 的减法运算可以用 10+7 的加法运算代替。

因为 5 和 7 相加正好等于产生进位的模数 12, 所以称 7 为 -5 对模 12 的补数, 也称为补码 (complement)。在舍弃进位的条件下, 减去某个数可以用加上它的补码来代替。这个结论同样适用于二进制数的运算。



1011-0111=0100 的减法运算, 在舍弃进位的条件下, 可以用 1011+1001=0100 的加法运算代替。

1001 是 0111 对模 16 的补码。

对于有效数字 (不包括符号位) 为 n 位的二进制数 N , 它的补码 $(N)_{COMP}$ 表示方法为

$$(N)_{COMP} = \begin{cases} N & (\text{当 } N \text{ 为正数}) \\ 2^n - N & (\text{当 } N \text{ 为负数}) \end{cases}$$

正数的补码与原码相同, 负数的补码等于 $2^n - N$ 。

为避免在求补码的过程中做减法运算, 通常是先求出 N 的反码, 然后在负数的反码上加 1 而得到补码。

$$(N)_{INV} = \begin{cases} N & (\text{当 } N \text{ 为正数}) \\ 2^n - 1 - N & (\text{当 } N \text{ 为负数}) \end{cases}$$

反码: 正数的反码等于原码, 负数的反码: 符号位不变, 以下各位按位取反。

补码: 正数的补码等于原码, 负数的补码: 符号位不变, 以下各位按位取反, 加 1。

注意: 在两个同符号数相加时, 它们的绝对值之和不可超过有效数字位所能表示的最大值, 否则会得出错误的计算结果。

【核心笔记】几种常用的编码

不同的数码不仅可以表示数量的大小, 而且还可以表示不同事物或事物的不同状态在用于表示不同事物的情况下, 这些数码已经不再具有表示数量大小的含义了, 它们只是不同事物的代号而已。这些数码称为代码。

为了便于记忆和查找, 在编制代码时总要遵循一定的规则, 这些规则就称为码制。

1. 十进制代码

用四位二进制码的 10 种组合表示十进制数 0~9, 简称 BCD 码(Binary Coded Decimal)。这种编码至少需要用四位二进制码元, 而四位二进制码元可以有 16 种组合。当用这些组合表示十进制数 0~9 时, 有六种组合不用。由 16 种组合中选用 10 种组合。

《电工学》考研核心笔记

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

考研提纲及考试要求

考点：电路的作用
考点：电路的组成部分
考点：电路模型
考点：实际电路分类
考点：电流、电压
考点：电动势
考点：功率和电能
考点：电阻元件
考点：电阻元件的欧姆定律

考研核心笔记

【核心笔记】电路的作用与组成部分

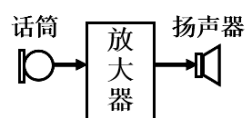
电路是电流的通路，是为了某种需要由电工设备或电路元件按一定方式组合而成。

1. 电路的作用

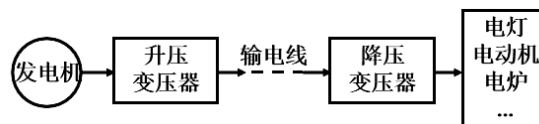
(1) 实现能量的传输、分配与转换

发电机，升压变压器（输电线）降压变压器，电灯电动机电炉

(2) 实现信号的传递与处理



2. 电路的组成部分



- (1) 电源: 提供电能的装置
- (2) 中间环节: 传递、分配和控制电能的作用
- (3) 负载: 取用电能的装置
- (4) 信号源: 提供信息
- (5) 信号处理: 放大、调谐、检波等
- (6) 直流电源: 提供能源

电源或信号源的电压或电流称为激励，它推动电路工作；由激励所产生的电压和电流称为响应。

【核心笔记】电路模型

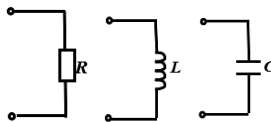
1. 电路模型

为了便于用数学方法分析电路,一般要将实际电路模型化,用足以反映其电磁性质的理想电路元件或其组合来模拟实际电路中的器件,从而构成与实际电路相对应的理想化电路,称为电路模型。(即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素把实际元件近似地看作理想电路元件)

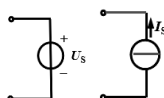
理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。

理想电路元件分有有源和无源两大类

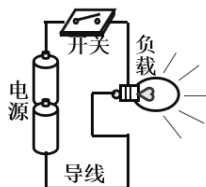
无源二端元件



有源二端元件



(1) 实体电路

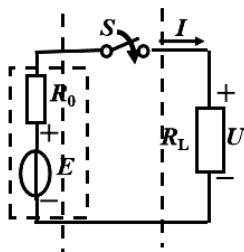


① 电池是电源元件,其参数为电动势 E 和内阻 R_0 ;

② 灯泡主要具有消耗电能的性质,是电阻元件,其参数为电阻 R ;

③ 开关用来控制电路的通断。

(2) 电路模型



今后分析的都是指电路模型,简称电路。在电路图中,各种电路元件都用规定的图形符号表示。

2. 实际电路的分类

实际电路

(1) 集中参数电路

实际电路的几何尺寸远小于电路中电磁波的波长,电路中的电磁量仅是时间的函数。

(2) 分布参数电路

实际电路的几何尺寸与电路中电磁波的波长相近,电路中的电磁量不仅是时间的函数,还是空间距离的函数。

【核心笔记】电路的基本物理量

电路的基本物理量

(1) 电动势

(2) 电位

(3) 功率

(4) 电流、电压

1. 电流、电压

(1) 电流

① 定义

带电粒子的定向移动形成了电流。单位时间内通过导体截面的电荷量定义为电流强度，简称为电流，用 i 表示，单位 A。

② 数学表达式

$$i = \frac{dq}{dt}$$

当电流的大小和方向不随时间而变化时，称为直流电流，简称直（DC）。

直流电流：

$$I = \frac{Q}{t}$$

(2) 电压

① 定义

电场力把单位正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功，称为 A 点到 B 点的电压。用 u_{AB} 表示，单位 V。

② 数学表达式

$$u_{AB} = \frac{dw_{AB}}{dq}$$

直流电压：

$$u_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

③ 方向

通常规定电压的方向是电场力移动正电荷的方向。

(3) 电流、电压的参考方向

① 电路基本物理量的实际方向

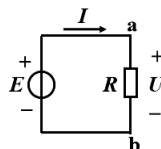
物理中对基本物理量规定的方向

物理量	实 际 方 向	单 位
电流 I	正电荷运动的方向	kA、A、mA、 μ A
电压 U	高电位 $\rightarrow$ 低电位 (电位降低的方向)	kV、V、mV、 μ V
电动势 E	低电位 $\rightarrow$ 高电位 (电位升高的方向)	kV、V、mV、 μ V

② 电路基本物理量的参考方向

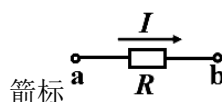
a. 参考方向

在分析与计算电路时，对电路基本物理量任意假定的方向。



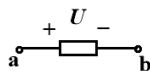
b. 参考方向的表示方法

(a) 电流：



双下标 I_{ab}

(b) 电压：
正负极性



双下标 U_{ab}

③实际方向与参考方向的关系

实际方向与参考方向一致，电流(或电压)值为正值；

实际方向与参考方向相反，电流(或电压)值为负值。

④关联参考方向

对于同一元件或同一段电路的电流和电压参考方向，彼此原是可以独立无关地任意选定的，但为了方便起见，习惯上采用“关联”参考方向。即电流的参考方向与电压参考“+”极到“-”极的方向选为一致。

当电流、电压采用关联参考方向时，电路图上只需标电流参考方向和电压参考极性中的任意一种即可。

3. 电动势

(1) 定义

电源力把单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功，称为电源的电动势，用 e 表示，即

$$e = \frac{dw_{BA}}{dq}$$

单位与电压相同，为 V。

(2) 方向

电动势的方向是电源力克服电场力移动正电荷的方向，是从低电位指向高电位的方向。

(3) 特点

①同一电源两端，电动势和电压大小相等、方向相反。图 1-6a 中 $u=e$ ，图 1-6b 中 $u=-e$

②电动势只针对电源而言。

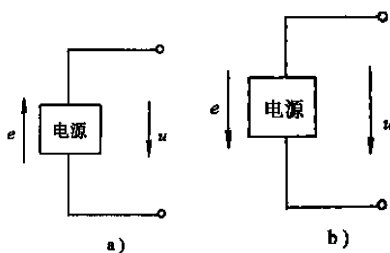


图 1-6 电源的电动势 e 与端电压 u

4. 功率和电能

(1) 功率

①定义

单位时间内电路吸收或释放的电能为该电路的功率。功率是衡量电路中能量变化速率的物理量，用 p 表示，单位为 W。

②数学表达式

$$p = \frac{dw}{dt}$$

2026 年仲恺农业工程学院 815 电工电子技术基础考研辅导课件

《模拟电子技术基础》考研辅导课件

模拟电子技术基础

1. 教学参考书

童诗白主编，《模拟电子技术基础》 第二版，高教出版社
康华光主编，《电子技术基础》 模拟部分 第三版，高教出版社
陈大钦主编，《模拟电子技术基础问答：例题·试题》，华工出版社

目 录

- 1 常用半导体器件
- 2 基本放大电路
- 3 多级放大电路
- 4 集成运算放大电路
- 5 放大电路的频率响应
- 6 放大电路中的反馈
- 7 信号的运算和处理
- 8 波形的发生和信号的转换
- 9 功率放大电路
- 10 直流电源

第一章 常用半导体器件

- 1.1 半导体基础知识
- 1.2 半导体二极管
- 1.3 双极型晶体管
- 1.4 场效应管
- 1.5 单结晶体管和晶闸管
- 1.6 集成电路中的元件

本章重点和考点：

1. 二极管的单向导电性、稳压管的原理。
2. 三极管的电流放大原理，
如何判断三极管的管型、管脚和管材。
3. 场效应管的分类、工作原理和特性曲线。

本章讨论的问题：

1. 为什么采用半导体材料制作电子器件？
2. 空穴是一种载流子吗？空穴导电时电子运动吗？
3. 什么是N型半导体？什么是P型半导体？
当二种半导体制作在一起时会产生什么现象？
4. PN结上所加端电压与电流符合欧姆定律吗？它为什么具有单向性？在PN结中另加反向电压时真的没有电流吗？
5. 晶体管是通过什么方式来控制集电极电流的？场效应管是通过什么方式来控制漏极电流的？为什么它们都可以用于放大？

1.1 半导体的基础知识

一、导体、半导体和绝缘体

导体：自然界中很容易导电的物质称为导体，金属一般都是导体。

绝缘体：有的物质几乎不导电，称为绝缘体，如橡皮、陶瓷、塑料和石英。

半导体：另有一类物质的导电特性处于导体和绝缘体之间，称为半导体，如锗、硅、砷化镓和一些硫化物、氧化物等。

PNJunction

半导体的导电机理不同于其它物质，所以它具有不同于其它物质的特点。例如：

当受外界热和光的作用时，
它的导电能力明显变化。—— 光敏器件

往纯净的半导体中掺入某些杂质，
会使它的导电能力和内部结构发生变化。—— 二极管

二、本征半导体的晶体结构

完全纯净的、不含其他杂质且具有晶体结构的半导体称为本征半导体

将硅或锗材料提纯便形成单晶体，它的原子结构为共价键结构。

当温度 $T = 0 \text{ K}$ 时，半导体不导电，如同绝缘体。

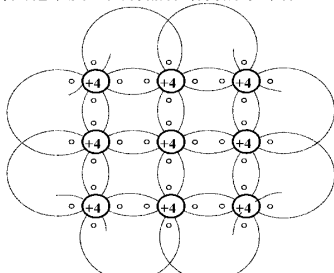


图 1.1.1 本征半导体结构示意图

三、本征半导体中的两种载流子

若 $T \uparrow$ ，将有少数价电子克服共价键的束缚成为自由电子，在原来的共价键中留下一个空位——空穴。

自由电子和空穴使本征半导体具有导电能力，但很微弱。

空穴可看成带正电的载流子。

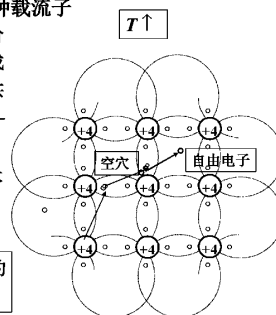


图 1.1.2 本征半导体中的自由电子和空穴

四、本征半导体中载流子的浓度

本征激发 } 动态平衡
复合

在一定温度下本征半导体中载流子的浓度是一定的，并且自由电子与空穴的浓度相等。

本征半导体中载流子的浓度公式：

$$n_i = p_i = K_1 T^{3/2} e^{-E_{GO}/(2KT)}$$

$T=300 \text{ K}$ 室温下，本征硅的电子和空穴浓度：

$$n = p = 1.43 \times 10^{10} / \text{cm}^3$$

本征锗的电子和空穴浓度：

$$n = p = 2.38 \times 10^{13} / \text{cm}^3$$

小结

1. 半导体中两种载流子 { 带负电的自由电子
带正电的空穴

2. 本征半导体中，自由电子和空穴总是成对出现，称为电子-空穴对。

3. 本征半导体中自由电子和空穴的浓度用 n_i 和 p_i 表示，显然 $n_i = p_i$ 。

4. 由于物质的运动，自由电子和空穴不断的产生又不断的复合。在一定的温度下，产生与复合运动会达到平衡，载流子的浓度就一定了。

5. 载流子的浓度与温度密切相关，它随着温度的升高，基本按指数规律增加。

1.1.2 杂质半导体

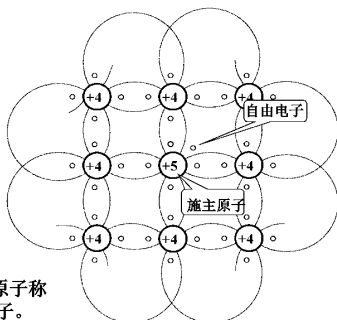
杂质半导体有两种 { N 型半导体
P 型半导体

一、N 型半导体(Negative)

在硅或锗的晶体中掺入少量的 5 价杂质元素，如磷、锑、砷等，即构成 N 型半导体(或称电子型半导体)。

常用的 5 价杂质元素有磷、锑、砷等。

本征半导体掺入 5 价元素后，原来晶体中的某些硅原子将被杂质原子代替。杂质原子最外层有 5 个价电子，其中 4 个与硅构成共价键，多余一个电子只受自身原子核吸引，在室温下即可成为自由电子。



5 价杂质原子称为施主原子。

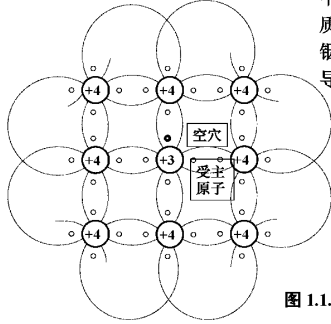
图 1.1.3 N 型半导体

自由电子浓度远大于空穴的浓度，即 $n \gg p$ 。

电子称为多数载流子(简称多子)，

空穴称为少数载流子(简称少子)。

二、P 型半导体



在硅或锗的晶体中掺入少量的 3 价杂质元素，如硼、镓、铟等，即构成 P 型半导体。

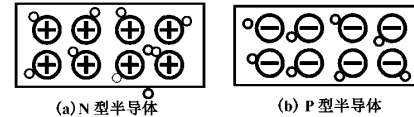
3 价杂质原子称为受主原子。

空穴浓度多于电子浓度，即 $p \gg n$ 。空穴为多数载流子，电子为少数载流子。

图 1.1.4 P 型半导体

说明：

1. 掺入杂质的浓度决定多数载流子浓度；温度决定少数载流子的浓度。
2. 杂质半导体载流子的数目要远远高于本征半导体，因而其导电能力大大改善。
3. 杂质半导体总体上保持电中性。
4. 杂质半导体的表示方法如下图所示。



(a) N 型半导体

(b) P 型半导体

图 杂质半导体的简化表示法

1.1.3 PN 结

在一块半导体单晶上一侧掺杂成为 P 型半导体，另一侧掺杂成为 N 型半导体，两个区域的交界处就形成了一个特殊的薄层，称为 PN 结。

一、PN 结的形成

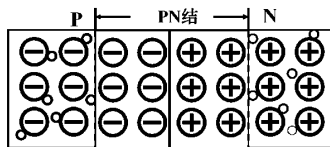
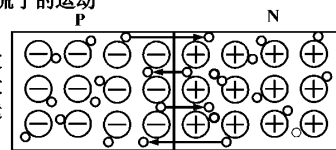


图 PN 结的形成

PN 结中载流子的运动

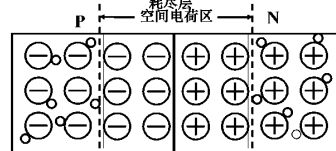
1. 扩散运动

电子和空穴浓度差形成多数载流子的扩散运动。



2. 扩散运动形成空间电荷区

—— PN 结，耗尽层。



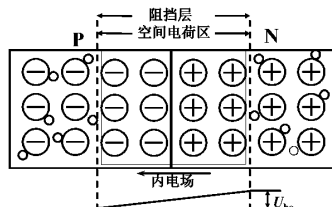
3. 空间电荷区产生内电场

空间电荷区正负离子之间电位差 U_{ho} —— 电位壁垒；
—— 内电场；内电场阻止多子的扩散 —— 阻挡层。

4. 漂移运动

内电场有利于少数运动——漂移。

少子的运动与多子运动方向相反



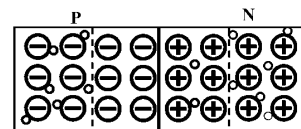
5. 扩散与漂移的动态平衡

扩散运动使空间电荷区增大，扩散电流逐渐减小；

随着内电场的增强，漂移运动逐渐增加；

当扩散电流与漂移电流相等时，PN 结总的电流等于零，空间电荷区的宽度达到稳定。

即扩散运动与漂移运动达到动态平衡。



二、PN 结的单向导电性

1. PN 结外加正向电压时处于导通状态

又称正向偏置，简称正偏。

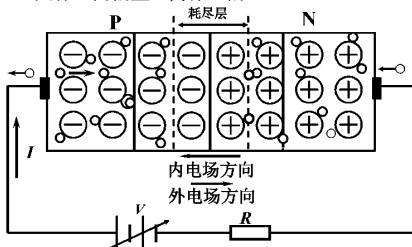


图 1.1.6

二、PN 结的单向导电性

1. PN 结外加正向电压时处于导通状态

又称正向偏置，简称正偏。

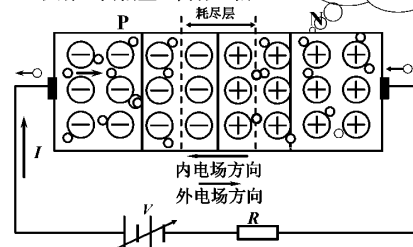


图 1.1.6