



全国成人高等教育规划教材

# 电子技术

(电工学 II)

教育部高等教育司 组编



高等教育出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术 电工学 II / 李守成主编. —北京:高等教育出版社,  
2000.7 (2004 重印)

ISBN 7-04-008522-4

I. 电… II. 李… III. 电子技术 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14270 号

电子技术(电工学 II)

教育部高等教育司 组编

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
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	010-82028899		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>

经 销 新华书店北京发行所  
排 版 高等教育出版社照排中心  
印 刷 北京鑫海金澳胶印有限公司

开 本	850×1168 1/32	版 次	2000 年 7 月第 1 版
印 张	16.75	印 次	2004 年 7 月第 3 次印刷
字 数	420 000	定 价	19.30 元

---

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等。  
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

## 内容简介

本书是根据1998年教育部颁发的“全国成人高等教育电子技术(电工学Ⅱ)课程教学基本要求”编写而成。与吕厚余主编《电工技术(电工学Ⅰ)》配套使用。亦可作为《电子技术》教材单独使用。

本书包括模拟电子技术和数字电子技术两部分。具体内容为常用半导体器件,基本放大电路,集成运算放大器,正弦波振荡电路,直流电源和电力电子技术基础,数字逻辑基础,集成逻辑门电路,组合逻辑电路,触发器和时序逻辑电路,可编程逻辑器件,模拟量和数字量之间的转换。

本书在编写上尽量使其便于自学,同时注意非电专业的特点。采用模块式结构,各章自成独立的单元,不同专业可根据需要自行选学内容;本书注重基本概念、基本原理和基本方法,重视实用技术,避免大量的数学推导。是一本具有成人教育特色的好教材。

# 出版说明

为了加强成人高等教育教学的宏观管理,指导并规划成人高等教育的教学工作,保证达到培养规格,教育部于1998年4月颁布了全国成人高等教育公共课和经济学、法学、工学等学科门类主要课程的教学基本要求。教学基本要求是成人高等教育的指导性教学文件,是成人高等教育开展有关课程教学工作和进行教学质量检查的重要依据。为了更好地和更迅速地贯彻这个教学基本要求,我司又组织制订了全国成人高等教育主要课程教材建设规划。经过有关出版社论证申报和教育部组织的成人教育专家评审,确定了各门课程教材的主编人选及承担出版任务的出版社。

承担任务的出版社,遴选了学术水平高、有丰富成人教育经验的专家参加教材及教学辅助用书的编写和审定工作。新编教材尽可能符合成人学习特点,较好地贯彻了成人高等教育教学基本要求。推广使用这套教材,对于加强成人高等教育的教学工作,提高教学质量,促进成人高等教育的改革与发展具有十分重要的意义。

首批完成的有公共课和经济学、法学、工学三大学科门类共81门主要课程的教材。由于此项工作是一项基础性工作,具有一定的开创性,可能存在不完善之处。我司将在今后的教学质量检查评估中,及时总结经验,认真听取各方反馈意见,根据教学需要,适时组织教材的修订工作。

教育部高等教育司

1998年12月1日

责任编辑	胡淑华
封面设计	张楠
责任绘图	李维平
版式设计	马静如
责任校对	王效珍
责任印制	朱学忠

# 目 录

## 第 1 篇 模拟电子技术

第 1 章 常用半导体器件 .....	1
1.1 半导体二极管 .....	2
1.1.1 半导体二极管的工作原理 .....	2
1.1.2 半导体二极管的结构 .....	4
1.1.3 半导体二极管的伏安特性 .....	5
1.1.4 半导体二极管的主要参数 .....	8
1.2 稳压二极管 .....	10
1.2.1 稳压二极管特性 .....	11
1.2.2 稳压二极管主要参数 .....	12
1.3 双极型晶体管(BJT) .....	13
1.3.1 BJT 分类和结构 .....	14
1.3.2 BJT 电流放大作用 .....	15
1.3.3 BJT 特性曲线 .....	19
1.3.4 BJT 主要参数 .....	23
1.3.5 BJT 简化小信号模型 .....	27
1.4 场效应晶体管(FET) .....	31
1.4.1 绝缘栅场效应晶体管(IGFET 或称 MOSFET) .....	32
1.4.2 FET 主要参数 .....	37
1.4.3 MOSFET 的小信号模型 .....	38
本章小结 .....	40
习题 .....	44
第 2 章 基本放大电路 .....	47
2.1 共发射极放大电路 .....	48

2.1.1	共发射极单管放大电路的组成	48
2.1.2	交流放大电路特点	51
2.1.3	共发射极放大电路工作情况分析	51
2.1.4	静态工作点的稳定	59
2.1.5	共发射极放大电路的微变等效电路分析法	62
2.2	多级放大电路	67
2.2.1	多级放大电路的级间耦合方式	68
2.2.2	多级放大电路的电压放大倍数	70
2.3	差分放大电路	74
2.3.1	差分放大电路基本原理	74
2.3.2	典型的差分放大电路	76
2.3.3	具有恒流源的差分放大电路	83
2.3.4	其他输入、输出方式的差分放大电路	85
2.4	射极输出器(共集电极电路)	87
2.5	功率放大器	91
2.5.1	功率放大器的功能和特点	91
2.5.2	互补对称功率放大器	93
2.6	场效应晶体管共源极放大电路	100
2.6.1	静态工作点的设置	100
2.6.2	动态分析	103
本章小结		105
习题		110
<b>第3章</b>	<b>集成运算放大器及其应用</b>	<b>114</b>
3.1	集成运放的组成、参数和理想模型	115
3.1.1	集成运放的组成和主要特性参数	115
3.1.2	集成运放的理想模型	119
3.2	放大器中的负反馈	122
3.2.1	反馈的基本概念	122
3.2.2	负反馈对放大器性能的影响	128
3.3	集成运放的三种基本输入方式	135
3.3.1	反相输入方式	136
3.3.2	同相输入方式	139

3.3.3 差分输入方式 .....	142
3.4 集成运放的应用 .....	146
3.4.1 信号运算电路 .....	146
3.4.2 信号处理电路 .....	154
3.5 集成运放的使用 .....	164
3.5.1 合理地选用集成运放 .....	164
3.5.2 保护措施 .....	164
本章小结 .....	167
习题 .....	171
<b>第4章 正弦波振荡电路</b> .....	<b>177</b>
4.1 正弦波振荡电路的基本原理 .....	177
4.1.1 自激振荡及其形成条件 .....	177
4.1.2 自激振荡的起振及其稳定 .....	179
4.1.3 正弦波振荡电路的分类 .....	181
4.2 RC 桥式振荡电路 .....	181
4.2.1 电路原理 .....	181
4.2.2 RC 串并联选频网络的选频特性 .....	182
4.2.3 起振与波形改善 .....	185
4.2.4 频率可调的振荡电路 .....	186
本章小结 .....	187
习题 .....	188
<b>第5章 直流稳压电源</b> .....	<b>192</b>
5.1 整流和滤波电路 .....	193
5.2 BJT 串联型稳压电源 .....	199
5.2.1 串联型稳压电路工作原理 .....	199
5.2.2 典型串联型稳压电源 .....	201
5.2.3 稳压电源的质量指标 .....	204
5.3 集成稳压器 .....	204
5.3.1 三端固定输出集成稳压器 .....	205
5.3.2 三端可调输出集成稳压器 .....	210
* 5.4 开关型稳压电源 .....	212
本章小结 .....	213



习题 .....	215
<b>第 6 章 电力电子技术基础 .....</b>	<b>218</b>
6.1 电力电子器件 .....	219
6.1.1 电力电子器件的发展概况及分类 .....	219
6.1.2 晶闸管 .....	220
* 6.1.3 派生晶闸管 .....	225
* 6.1.4 功率场效应晶体管 .....	231
6.2 可控整流电路(AC-DC 变换) .....	232
6.2.1 单向半波可控整流电路 .....	232
6.2.2 单向半桥桥式整流电路 .....	237
* 6.3 逆变电路(DC-AC 变换) .....	239
6.3.1 电压型单相半桥式逆变电路 .....	240
6.3.2 电压型单相全桥式逆变电路 .....	243
6.4 晶闸管的触发电路 .....	246
6.4.1 对触发电路的基本要求 .....	246
6.4.2 单结晶体管触发电路 .....	247
本章小结 .....	254
习题 .....	254

## 第 2 篇 数字电子技术

<b>第 7 章 数字逻辑基础 .....</b>	<b>257</b>
7.1 数制和编码 .....	258
7.1.1 十进制 .....	258
7.1.2 二进制 .....	258
7.1.3 不同进制数的表示法及其相互间的转换 .....	259
7.1.4 二-十进制编码 .....	263
7.2 逻辑代数 .....	265
7.2.1 逻辑变量和基本逻辑运算 .....	265
7.2.2 逻辑代数基本运算法则 .....	268
7.2.3 逻辑代数基本定律 .....	270
7.2.4 反演规则和正、负逻辑 .....	272
7.2.5 吸收规则 .....	273

7.2.6	逻辑函数的表示方法 .....	274
7.3	逻辑函数表达式的化简 .....	278
7.3.1	用逻辑代数化简逻辑函数 .....	278
7.3.2	用卡诺图化简逻辑函数 .....	280
	本章小结 .....	288
	习题 .....	292
<b>第 8 章</b>	<b>集成逻辑门电路</b> .....	<b>294</b>
8.1	BJT 开关特性 .....	294
8.1.1	BJT 的开关作用 .....	294
8.1.2	BJT 开关电路的波形 .....	295
8.1.3	BJT 非门电路 .....	297
8.2	TTL 集成逻辑门 .....	300
8.2.1	TTL 门电路的工作原理 .....	300
8.2.2	TTL 门电路的特性和参数 .....	305
8.2.3	TTL 与非门组件及其应用 .....	310
8.3	三态与非门和集电极开路与非门 .....	311
8.3.1	三态与非门(TSL 门) .....	312
*8.3.2	集电极开路与非门(OC 门) .....	315
8.4	CMOS 集成逻辑门 .....	316
8.4.1	概述 .....	316
8.4.2	CMOS 非门电路 .....	318
8.4.3	CMOS 与非门电路 .....	319
8.4.4	CMOS 或非门电路 .....	319
8.4.5	CMOS 数字集成电路使用中的有关事项 .....	320
	本章小结 .....	321
	习题 .....	322
<b>第 9 章</b>	<b>组合逻辑电路</b> .....	<b>325</b>
9.1	组合逻辑电路的特点、分析和设计 .....	325
9.1.1	组合逻辑电路的基本特点 .....	325
9.1.2	组合逻辑电路的分析方法 .....	326
9.1.3	组合逻辑电路的设计步骤 .....	328
9.2	编码器 .....	329

9.2.1	二进制编码器	330
9.2.2	键控 8421BCD 码编码器	332
9.3	译码器	335
9.3.1	二进制译码器	335
9.3.2	数字显示器件	338
9.4	加法器	343
9.4.1	半加器	343
*9.4.2	全加器	344
9.4.3	串行进位加法器	349
本章小结		351
习题		352
<b>第 10 章</b>	<b>触发器和时序逻辑电路</b>	<b>355</b>
10.1	触发器	356
10.1.1	基本 R-S 触发器	356
10.1.2	同步 R-S 触发器	358
10.1.3	主从型 J-K 触发器	360
10.1.4	边沿触发型 J-K 触发器	364
10.1.5	维持阻塞型 D 触发器	364
10.2	寄存器	368
10.2.1	数码寄存器	368
10.2.2	移位寄存器	369
10.3	计数器	371
10.3.1	二进制计数器	372
10.3.2	十进制计数器	377
10.4	555 定时器的原理及应用	381
10.4.1	555 定时器的结构和功能	381
10.4.2	用 555 定时器组成多谐振荡器	383
10.4.3	用 555 定时器组成单稳态触发器	385
本章小结		387
习题		390
<b>第 11 章</b>	<b>存储器 and 可编程逻辑器件</b>	<b>396</b>
*11.1	只读存储器 (ROM)	397

11.1.1	固定内容的只读存储器 .....	398
11.1.2	可编程只读存储器(PROM) .....	400
11.1.3	可以改写的存储器(EPROM、E <sup>2</sup> PROM) .....	402
11.2	可编程逻辑器件(PLD)概述 .....	404
11.2.1	PLD的基本结构 .....	405
11.2.2	PLD电路表示法 .....	405
* 11.3	可编程逻辑阵列(PLA) .....	408
11.3.1	结构与工作原理 .....	408
11.3.2	现场可编程逻辑阵列 FPLA (Field PLA) .....	409
* 11.4	可编程阵列逻辑(PAL) .....	409
* 11.5	通用逻辑阵列(GAL) .....	411
11.5.1	GAL的特点 .....	411
11.5.2	GAL的基本逻辑结构 .....	411
11.5.3	GAL芯片应用设计 .....	412
本章小结	.....	415
习题	.....	416
<b>第 12 章</b>	<b>模拟量与数字量之间的转换</b> .....	<b>418</b>
12.1	数/模(D/A)转换器 .....	419
12.1.1	权电阻 D/A 转换器 .....	419
12.1.2	T型网络 D/A 转换器 .....	422
* 12.1.3	D/A 转换器的主要技术指标 .....	426
12.2	模/数(A/D)转换器 .....	427
12.2.1	并联比较型 A/D 转换器 .....	428
12.2.2	双积分型(双斜率)A/D 转换器 .....	431
12.2.3	逐次逼近型 A/D 转换器 .....	435
* 12.2.4	A/D 转换器的主要技术指标 .....	436
* 12.3	采样 - 保持(S/H)器 .....	437
12.3.1	采样 - 保持(S/H)器的基本概念 .....	437
12.3.2	采样 - 保持器的主要参数 .....	439
12.3.3	集成采样 - 保持器举例 .....	439
本章小结	.....	441
习题	.....	441

<b>*第 13 章 信息传输</b> .....	444
13.1 通信发展简史 .....	444
13.2 直流及交流传输信号 .....	445
13.3 通信系统的组成 .....	447
13.4 调制与解调 .....	449
13.4.1 调制的功能 .....	449
13.4.2 调制分类 .....	450
13.5 电子电话机简介 .....	452
13.5.1 概述 .....	452
13.5.2 按键电话机电路的组成 .....	453
13.5.3 极性保护和振铃电路 .....	454
13.5.4 拨号电路 .....	456
13.5.5 通话电路 .....	457
13.6 数据调制解调器简介 .....	458
13.6.1 数据调制解调器的功能和基本原理 .....	458
13.6.2 频移键控调制解调方式 .....	460
本章小结 .....	461
习题 .....	461
<b>附录</b> .....	463
附录 1 国产半导体器件和半导体集成电路型号命名法 .....	463
附录 2 常用半导体器件参数 .....	469
附录 3 模拟集成组件 .....	478
附录 4 国产晶闸管型号命名法及其电参数 .....	479
附录 5 国产 ZP 型硅整流二极管型号命名法及其电参数 .....	486
附录 6 单结晶体管型号及其电参数 .....	488
附录 7 部分常用数字集成电路产品型号对照表 .....	489
附录 8 部分半导体集成电路产品国内外型号对照表 .....	493
附录 9 使用 TTL 器件的基本规定 .....	495
部分习题参考答案 .....	497
<b>主要参考书目</b> .....	518

# 第1篇 模拟电子技术

随时间按连续函数变化的信号,被称为模拟信号,如模拟温度、压力等物理量变化的信号。用于产生和处理模拟信号的电路和技术称为模拟电子技术,如交、直流放大器,滤波器和信号发生器等。

## 第1章 常用半导体器件

半导体器件是组成半导体电路的核心元件,电路的性能除决定于其结构和类型之外,还与其所用器件的特性和参数有着密切的关系。因此,学习电子技术必须首先了解常用半导体器件的工作原理、掌握它们的特性和参数。半导体器件的种类很多,本章只讨论半导体二极管、稳压二极管、双极型晶体管(BJT)和场效应晶体管(FET)。

### 本章基本要求

1. 了解二极管、稳压管的结构、伏安特性曲线和主要参数。
2. 掌握双极型晶体管(BJT)的电流放大作用、共发射极输入、输出特性曲线和主要参数。
3. 了解场效应晶体管(FET)的工作原理。
4. 学习查阅手册,对常用的电子元、器件具有使用的基本知识。

## 本章重点

掌握二极管和稳压管的伏安特性及其主要参数,BJT 的电流分配关系及其放大原理、BJT 的共发射极输入、输出特性曲线及主要参数,明确单极型晶体管(FET)与双极型晶体管(BJT)的本质区别。

# 1.1 半导体二极管

## 1.1.1 半导体二极管的工作原理

由半导体的基本知识可知,在一部分本征(纯净)半导体硅(或锗)中掺入微量的五价元素(如磷),将生成许多自由电子,构成 N 型半导体;在另一部分硅中掺入微量三价元素(如硼),将生成大量空穴,构成 P 型半导体。

在 P 型区和 N 型区的交界面处,由于两部分的载流子浓度不平衡,使 P 型区的空穴向 N 型区扩散, N 型区的自由电子向 P 型区扩散。扩散的结果,在 P 型区留下了带负电的离子(图 1.1.1 中用  $\ominus$  表示),在 N 型区留下带正电的离子(图 1.1.1 中用  $\oplus$  表示)。于是在交界面两侧附近形成一层“空间电荷区”,称耗尽层,这个区域就是 PN 结。

PN 结中的正、负离子形成一个内电场,其方向是由 N 区指向 P 区,如图 1.1.1 所示。这个内电场阻碍 P 区的多数载流子(空穴)向 N 区扩散,同时也阻碍 N 区的多数载流子(电子)向 P 区扩散。但内电场能将 P 区的少数载流子

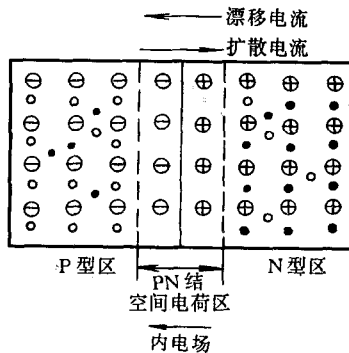
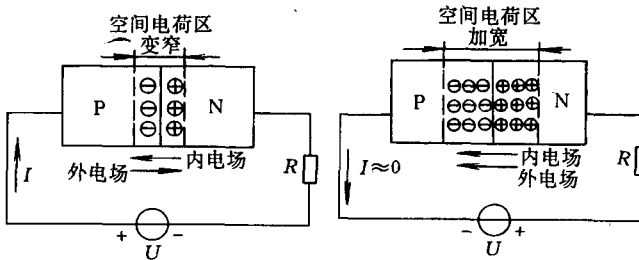


图 1.1.1 PN 结的扩散与漂移运动

(电子)拉到 N 区,同时也能将 N 区的少数载流子(空穴)拉到 P 区,形成所谓漂移运动。

在一开始,扩散运动占优势,随着扩散运动的增强,PN 结逐渐加宽,使内电场增强。而内电场的形成和增强则阻碍两边多数载流子的扩散运动,有利于两边少数载流子的漂移。最后,当扩散的载流子等于漂移的载流子数目时,空间电荷区的宽度不再增加,达到了扩散与漂移运动的动态平衡。所以,PN 结是扩散与漂移运动平衡的结果。

当 PN 结加正向电压时(又称为正向偏置状态),如图 1.1.2 (a)所示,电源  $U$  的正极接 P 侧,负极接 N 侧。此时电源  $U$  在 PN 结中产生的外电场与其内电场方向相反,驱使 P 型区的空穴进入空间电荷区,与其中负离子复合,驱使 N 型区的自由电子进入空间电荷区,与其中的正离子复合。结果使空间电荷区变窄,有利于 PN 结两侧的多数载流子越过 PN 结形成电流。因此,二极管正向偏置时,能形成较大的电流,即二极管处于导电(导通)状态。



(a) PN 结加正向电压

(b) PN 结加反向电压

图 1.1.2 PN 结的单向导电性

当 PN 结加反向电压时(又称为反向偏置状态),如图 1.1.2 (b)所示,电源  $U$  的正极接 N 侧,负极接 P 侧。此时外电场与内



电场方向相同,使空间电荷区加宽,载流子的扩散很难进行。但是由电子的热运动产生的P型区中的自由电子与N型区中的空穴,此时会产生漂移运动而形成漂移电流。不过这部分是少数载流子,形成的漂移电流很小。因此,二极管在反向偏置时,可以认为基本上不导电,处于截止状态。

综上所述,在PN结上加正向电压时,PN结导通(呈低阻),正向电流大;加反向电压时,PN结截止(呈高阻),反向电流很小(工程上常常忽略不计),即二极管(PN结)具有单向导电性。

形成PN结的空间电荷区,其作用可以等效为一个可变电容,

如图1.1.3中所示的 $C_j$ 。当PN结受正向电压作用时,外电场将使多数载流子向着界面处运动,则空间电荷区的电荷量减少,PN结变窄。这相当于PN结的结电容“放电”;

反之,当PN结受反向电压作用时,外电场使多数载流子背离界面运动,则空间电荷区的电荷量增加,PN结变宽。这相当于PN结的结电容被“充电”。这种情况类似于普通电容在外电场作用下的充、放电效应,通常用结电容来表示这种电容效应。

PN结的结电容一般很小(几至几十皮法),低频时,结电容呈现的容抗很大,其作用相当于开路;但在高频时,要考虑结电容的旁路作用。

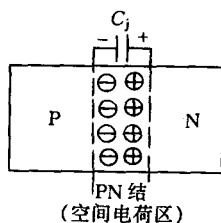


图 1.1.3 PN结的结电容示意图

### 1.1.2 半导体二极管的结构

半导体二极管的核心是PN结,由P型区引出的电极称为阳极,N型区引出的电极称为阴极。按内部结构的不同,通常有以下几种类型:

#### 1. 点接触型二极管

结构如图1.1.4(a)所示。其特点是PN结的面积小,不能通过大的电流,但结电容小,因此主要用于高频信号的检波与小电流