



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电路与电子技术

(第3版)

张虹 主编



DIANLU YU DIANZI JISHU



北京航空航天大学出版社

电路与电子技术

(第 3 版)

张 虹 主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是“十一五”国家级规划教材《电路与电子技术(第2版)》的修订版。内容符合教育部颁布的《电路电子技术教学基本要求》。为适应电子信息时代的新形式和培养应用型人才的迫切需要,在第2版的基础上,经过教学改革与实践,对其内容进行了部分修改。以更加适合于新时期电路与电子技术课程的教学。

全书共分3篇。第1篇为电路分析,主要内容有电路的基本概念和基本定律、线性电阻电路的分析、正弦稳态交流电路和线性动态电路的分析;第2篇为模拟电子技术,主要内容有半导体器件基础、放大电路基础、集成运算放大电路及其应用;第3篇为数字电子技术,主要内容有逻辑代数基础、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、数/模和模/数转换、电子电路应用举例等。

本教材知识全面,深入浅出,简明易懂。在保证理论知识够用的同时,注重理论联系实际,培养学生的各方面能力。

本书适于作为高等院校计算机、电子和自控等专业专科和本科的教科书,也可作为自学考试和从事电子技术工程人员自学用书。

本书配有教学课件,请发送邮件至 bhkejian@126.com 或致电 010-82317027 申请索取。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术/张虹主编. —3版. —北京:北京
航空航天大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-81077-965-4

I. 电… II. 张… III. ①电路理论—高等学校—
教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM13②
TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 159134 号

电路与电子技术(第3版)

张 虹 主 编

责任编辑 董 瑞

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail: bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:23.5 字数:532千字

2008年7月第3版 2008年7月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-81077-965-4 定价:38.00元

第 3 版前言

《电路与电子技术(第 2 版)》一书自出版以来,被许多院校选为教材,得到了广大读者的关心。在北京航空航天大学出版社的帮助下,广泛听取了采用本书作为教材的许多高等学校教学第一线教师的意见。融合各方面的考虑,在第 2 版的基础上,总结了多年来的课程改革经验,对教材内容做了修改和更新。考虑到素质教育的特点,在修订时,既要保持多年形成的比较成熟的体系,又要面向新世纪的发展;既要符合本门课程的基本要求,又要适当引进电子技术中的新器件、新技术、新方法;既要使学生掌握基础知识,又要培养他们的定性分析能力、把握规律能力、综合应用能力和创新意识;既要有利于教师教学之用,又要有利于学生对教材的自主学习。为此制定了如下编写原则——保证基础,精选内容,加强概念,体现先进,联系实际,注重应用,引导创新,层次分明,利于教学。

与第 2 版相比,本书主要的变动和调整有:(1) 考虑到并联谐振电路在通信领域的重要应用,对此部分内容进行了重新整理,使其中公式的推导更具严密性,概念更加清晰,应用更加具体。(2) 考虑到一些专业的教学需求,在正弦交流电路一章,添加了三相交流电路的内容。(3) 对“半导体器件”中的杂质半导体一节,进行了内容的补充,更加具体、深入地阐述了杂质半导体的物理特性。(4) 基本放大电路是整个模拟电路的关键知识,对这部分内容的讲解进行了细化,进一步指出了放大器中各部分电压和电流的区别。(5) 静态工作点的稳定一直是放大器的关键问题,是影响放大器能否正常工作的最重要的因素,因此本书对这部分内容也进行了整理,力图言简意赅,论证严密。(6) 考虑到射极输出器在多级放大器中的重要应用,第 3 版对这部分内容做了重

新整理,简化了推导,突出了应用。(7) 集成运算放大器是非常重要的模拟集成放大器,对于它的介绍也一直是模拟电子技术的重点。本书对这部分内容作了进一步的修订,尽量做到语言更加严密,逻辑性更强,应用更突出。此外,本书对部分过于冗长的介绍进行了适当删减,如集成运放的制造工艺、分立元件放大器的工作原理、逻辑函数的表示方法等。同时,本书对前版中几处错误进行了修改。

本书的理论学时仍然为 96 学时,实验 20 学时,课程设计 30 学时。

第 3 版继续由张虹担任主编。此外,刘贞德、高寒、于钦庆、杜德、齐丽丽、王立梅、刘晓亮、李秋潭、陈光军、李耀明、李厚荣、杨洁、周金玲、张元国、栾学德等老师对修订工作也给予了大力支持和帮助,在此谨向他们以及对原教材提出过建议的读者们表示衷心的感谢!

本书编写过程中,一直得到北京航空航天大学出版社的大力支持和指导,在此一并表示衷心感谢。

另外,为了与本书相配合,还将对《电路与电子技术学习和实验实习指导》一书再次进行修订。修订思路与教材相一致,内容更加精炼,更加实用。

由于水平有限,书中漏错和不妥之处在所难免,恳请读者继续给以批评指正。

编 者

2008 年 7 月

目 录

第 1 篇 电路分析

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

1.1 电路和电路模型	3
1.1.1 电 路	3
1.1.2 电路模型	3
1.2 电路的基本物理量	5
1.2.1 电 流	5
1.2.2 电 压	6
1.2.3 电功率	7
1.3 常用元件介绍	8
1.3.1 电阻元件	8
1.3.2 电容元件	9
1.3.3 电感元件	10
1.3.4 电容、电感的串、并联	11
1.4 电 源	11
1.4.1 电压源	12
1.4.2 电流源	12
1.4.3 受控源	13
1.5 基尔霍夫定律	14
1.5.1 基尔霍夫电流定律	14
1.5.2 基尔霍夫电压定律	15
本章小结	17
习题 1	17

第 2 章 线性电阻电路分析

2.1 二端网络及其等效变换	20
2.1.1 基本概念	20
2.1.2 电阻的串、并联等效变换	21

2.1.3 电阻的星形连接和三角形连接	22
2.1.4 电压源与电流源的等效变换	24
2.2 节点电压分析法	26
2.3 叠加定理	29
2.4 戴维南定理和诺顿定理	30
2.4.1 戴维南定理	30
2.4.2 诺顿定理	32
2.5 最大功率传输定理	34
本章小结	36
习题2	36

第3章 正弦稳态交流电路

3.1 正弦稳态交流电路的基本概念	40
3.1.1 正弦量的瞬时值	40
3.1.2 正弦量的三要素	40
3.1.3 相位差	42
3.1.4 正弦量的有效值	43
3.2 正弦量的相量表示及相量图	44
3.2.1 复数的表达式及运算规则	44
3.2.2 正弦量的相量表示	45
3.3 正弦交流电路中电阻、电容、电感伏安关系的相量形式	47
3.3.1 电阻元件电压、电流关系的相量形式	47
3.3.2 电容元件电压、电流关系的相量形式	47
3.3.3 电感元件电压、电流关系的相量形式	48
3.4 复阻抗、复导纳及简单正弦交流电路的分析	48
3.4.1 阻抗、导纳及阻抗的串、并联	48
3.4.2 简单正弦交流电路的分析	49
3.5 正弦交流电路的功率	51
3.5.1 瞬时功率和平均功率	51
3.5.2 复功率、视在功率和无功功率	52
3.6 谐振电路	53
3.6.1 RLC 串联谐振电路	53
3.6.2 RL-C 并联谐振电路	55
3.7 三相正弦电路	56
3.7.1 三相电源	56

3.7.2 三相电源的联接	57
3.7.3 三相电源和负载的连接	59
3.7.4 三相电路的计算	60
3.7.5 三相电路的功率	62
本章小结	63
习题 3	63

第 4 章 线性动态电路的分析

4.1 过渡过程及换路定律	69
4.1.1 过渡过程	69
4.1.2 换路定律及计算	69
4.2 一阶 RC 电路的过渡过程	72
4.2.1 RC 电路的零输入响应	72
4.2.2 RC 电路的零状态响应	75
4.3 一阶 RL 电路的过渡过程	78
4.3.1 RL 电路的零输入响应	78
4.3.2 RL 电路的零状态响应	80
4.4 一阶电路的全响应	80
4.4.1 一阶电路的全响应	80
4.4.2 一阶电路的三要素法	81
本章小结	83
习题 4	83

第 2 篇 模拟电子技术

第 5 章 半导体器件基础

5.1 半导体基础知识	89
5.1.1 本征半导体	89
5.1.2 杂质半导体	90
5.1.3 PN 结	91
5.2 半导体二极管	93
5.2.1 二极管的结构和符号	93
5.2.2 二极管的伏安特性	93
5.2.3 特殊二极管	96

5.2.4	二极管的主要参数	98
5.3	晶体三极管	98
5.3.1	三极管的结构和符号	99
5.3.2	三极管的电流放大原理	99
5.3.3	三极管的共射特性曲线	101
5.3.4	三极管的主要参数	103
5.4	场效应管	104
5.4.1	结型场效应管	105
5.4.2	绝缘栅型场效应管	107
5.4.3	场效应管的主要参数	110
5.4.4	场效应管和三极管比较	110
	本章小结	111
	习题5	111

第6章 放大电路基础

6.1	基本放大电路的方框图及性能指标	116
6.1.1	基本放大电路的方框图	116
6.1.2	放大电路的性能指标	117
6.2	基本放大电路的组成及工作原理	120
6.2.1	放大电路的组成	120
6.2.2	放大电路的工作原理	122
6.3	放大电路的基本分析方法	123
6.3.1	直流通路与交流通路	123
6.3.2	静态工作点的近似估算	124
6.3.3	图解法	125
6.3.4	微变等效电路法	129
6.4	放大电路静态工作点的稳定	133
6.4.1	温度对静态工作点的影响	133
6.4.2	静态工作点稳定电路	133
6.5	共集电极放大电路	136
6.5.1	电路的基本分析	137
6.5.2	共集电极电路的特点和应用	138
6.5.3	基本放大电路三种组态的性能比较	139
6.6	多级放大电路	140
6.6.1	多级放大电路的耦合方式	140

6.6.2 多级放大电路的动态分析	142
本章小结	144
习题 6	145

第 7 章 集成运算放大电路及其应用

7.1 集成电路概述	150
7.1.1 集成电路及其发展	150
7.1.2 集成电路的特点及分类	150
7.1.3 集成电路制造工艺简介	151
7.2 集成运放的基本组成及功能	152
7.2.1 偏置电路	153
7.2.2 差动放大输入级	154
7.2.3 互补对称输出级	160
7.3 集成运放的典型电路	163
7.3.1 双极型集成运放 F007	163
7.3.2 集成运放的主要参数	165
7.4 理想运算放大器	166
7.4.1 理想运放的技术指标	166
7.4.2 理想运放的两种工作状态	166
7.5 负反馈放大电路	168
7.5.1 反馈的基本概念	168
7.5.2 反馈的分类	169
7.5.3 反馈类型的判断方法	169
7.5.4 负反馈对放大电路性能的影响	172
7.6 集成运算放大器的线性应用	173
7.6.1 比例运算电路	174
7.6.2 加减运算电路	176
7.6.3 积分和微分运算电路	179
7.7 集成运算放大器的非线性应用	180
7.7.1 电压比较器概述	180
7.7.2 单限比较器	181
7.7.3 滞回电压比较器	182
7.7.4 双限电压比较器	184
本章小结	185
习题 7	186

第3篇 数字电子技术

第8章 逻辑代数基础

8.1 数字电路及其特点	197
8.2 数制与码制	198
8.2.1 数制	198
8.2.2 码制和常用代码	200
8.3 逻辑代数及其基本运算	204
8.3.1 逻辑变量与逻辑函数	204
8.3.2 基本逻辑运算	204
8.3.3 复合逻辑运算	206
8.3.4 几个概念	207
8.4 逻辑函数的表示方法及其相互转换	208
8.4.1 真值表	208
8.4.2 逻辑表达式	209
8.4.3 逻辑图	211
8.4.4 波形图	211
8.4.5 卡诺图	211
8.5 逻辑代数的基本公式、定律和规则	213
8.5.1 基本公式	213
8.5.2 基本定律	213
8.5.3 基本规则	213
8.5.4 有关异或运算的一些公式	214
8.6 逻辑函数的化简	214
8.6.1 “最简”的概念及最简表达式的几种形式	215
8.6.2 逻辑函数的公式化简法	216
8.6.3 逻辑函数的卡诺图化简法	216
8.6.4 具有约束的逻辑函数的化简	219
本章小结	220
习题8	220

第9章 逻辑门电路

9.1 半导体器件的开关特性	224
----------------------	-----

9.1.1 半导体二极管的开关特性	224
9.1.2 半导体三极管的开关特性	224
9.1.3 MOS管的开关特性	225
9.2 分立元件门电路	226
9.2.1 二极管与门	226
9.2.2 二极管或门	226
9.2.3 三极管非门(反相器)	227
9.3 TTL集成门电路	228
9.3.1 TTL集成与非门	228
9.3.2 TTL集成非门、或非门、集电极开路门和三态门	232
9.3.3 改进型TTL门电路——抗饱和TTL门电路	235
9.3.4 TTL门电路的使用规则	236
9.4 MOS集成门电路	237
9.4.1 CMOS门电路	237
9.4.2 CMOS门电路的使用规则	239
9.4.3 TTL与MOS门电路之间的接口技术	240
本章小结	241
习题9	241

第10章 组合逻辑电路

10.1 组合逻辑电路概述	246
10.1.1 组合电路的特点	246
10.1.2 组合电路的一般分析方法	246
10.1.3 组合电路的一般设计方法	248
10.2 常用中规模集成组合逻辑电路	250
10.2.1 编码器	250
10.2.2 译码器	255
10.2.3 加法器	261
10.2.4 数值比较器	263
10.2.5 数据选择器	265
10.2.6 数据分配器	269
10.3 组合电路中的竞争冒险	270
10.3.1 竞争冒险的概念及产生原因	270
10.3.2 竞争冒险的消除方法	271
本章小结	272

习题 10	273
第 11 章 触发器	
11.1 触发器概述	276
11.1.1 触发器的功能特点	276
11.1.2 触发器的分类及逻辑功能描述方法	276
11.2 基本 RS 触发器	277
11.2.1 电路组成及逻辑符号	277
11.2.2 逻辑功能分析及描述	277
11.2.3 应用举例	279
11.2.4 基本特点	280
11.3 同步触发器	280
11.3.1 同步 RS 触发器	281
11.3.2 同步 D 触发器	283
11.4 主从触发器	284
11.4.1 主从 RS 触发器	284
11.4.2 主从 JK 触发器	285
11.4.3 主从 T 触发器和主从 T' 触发器	287
11.5 边沿触发器	288
11.5.1 维持阻塞 D 触发器	288
11.6 不同类型时钟触发器间的转换	290
11.6.1 转换原理	290
11.6.2 $JK \rightarrow D$ 、 T 、 T' 和 RS	291
11.6.3 $D \rightarrow JK$ 、 T 、 T' 和 RS	292
11.7 集成触发器简介	294
本章小结	295
习题 11	295
第 12 章 时序逻辑电路	
12.1 时序逻辑电路概述	299
12.1.1 时序电路的特点	299
12.1.2 时序电路逻辑功能的描述方法	299
12.1.3 时序电路的一般分析方法	300
12.1.4 常用时序电路	300
12.2 计数器	301

12.2.1	计数器的分类	301
12.2.2	同步计数器	302
12.2.3	异步计数器	313
12.2.4	集成计数器构成 N 进制计数器的方法	315
12.3	寄存器	320
12.3.1	数码寄存器	320
12.3.2	移位寄存器	321
12.3.3	寄存器的应用	323
本章小结		325
习题 12		326

第 13 章 D/A, A/D 转换器

13.1	D/A 转换器	329
13.1.1	D/A 转换原理	329
13.1.2	倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	330
13.1.3	D/A 转换器的主要技术指标	332
13.2	A/D 转换器	333
13.2.1	A/D 转换的一般步骤	333
13.2.2	取样保持电路	335
13.2.3	逐次渐近型 A/D 转换器	336
13.2.4	双积分型 A/D 转换器	338
13.2.5	A/D 转换器的主要技术指标	339
本章小结		340
习题 13		340

第 14 章 电子电路应用举例

14.1	模拟电子电路	342
14.1.1	低频功率放大电路	342
14.1.2	小型温度控制电路	344
14.1.3	火灾报警电路	346
14.2	数字电子电路	347
14.2.1	波形发生和变换电路	347
14.2.2	数字抢答器	351
14.2.3	数字频率计	355

参考文献

第 1 篇 电路分析

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

本章首先介绍电路的基础知识,包括电路的基本概念、基本物理量和常用元件,然后介绍电路中的基本定律——基尔霍夫定律以及应用定律分析计算电路的方法。本章内容是电路部分的基础。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电 路

电路在日常生活、生产和科学研究工作中得到了广泛应用。小到手电筒,大到计算机、通信系统和电力网络,都可以看到各种各样的电路。可以说,只要用电的物体,其内部都含有电路,只是电路的结构各异,特性和功能也不相同。电路的功能之一是实现电能的传输和转换,例如电力网络将电能从发电厂输送到千家万户,供各种电气设备使用;电路的另一种功能是实现电信号的传输、处理和存储,例如电视接收天线将接收到的含有声音和图像信息的高频电视信号,通过高频传输线送到电视机中,这些信号经过选择、变频、放大和检波等处理,恢复出原来的声音和图像信号,在扬声器发出声音并在显像管屏幕上呈现图像。

这里所说的电路是指实际电路。它是由电气设备和元器件按照一定的方式连接起来,为电流的流通提供路径的总体,也称网络。电路中提供电能的设备或元器件称为电源,电路中使用电能的设备或元器件称为负载。手电筒电路就是一个最简单的实用电路。这个电路是由一个电源(干电池)、一个负载(小灯泡)、一个开关和连接导线组成的,如图 1.1(a)所示。

1.1.2 电路模型

为了便于对实际电路进行分析,通常将实际电路器件理想化(或称模型化),即在一定条件下,突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,将其近似地看做理想电路元件,并用规定的图形符号表示。例如用电阻元件来表征具有消耗电能特征的各种实际元件,那么在电源频率不十分高的电路中,所有电阻器、电炉、电灯等实际电路元器件,都可以用电阻元件这个模型来近似表示。同样,在一定条件下,电感线圈忽略其电阻,就可以用电感元件来近似地表示;电容器忽略其漏电,就可以用电容元件近似地表示。此外还有电压源、电流源两种理想电源元件。以上这些理想元件分别可以简称为电阻、电感、电容和电源,它们都具有两个端钮,称为二端元件。