

高等学校规划教材

电路与电子技术

张虹 主编



DIANLU YU DIANZI JISHU



北京航空航天大学出版社

高等学校规划教材

电路与电子技术

张 虹 主编



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是作者在多年教学经验的基础上,根据高等教育的基本要求编写的。它整合了电路分析与电子技术(包括模拟电子技术和数字电子技术)。全书力求体现计算机、电子通信等专业对电路、电子技术理论知识的要求,在保证基本概念和基本理论的同时,突出知识的新颖性和实用性,加强对学生各方面能力的培养。本书知识全面,深入浅出,简明易懂,可作为高等院校计算机、电子和自动控制等专业的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作的工程人员的自学用书。

全书共分3篇。第1篇为电路基础,主要内容有:电路的基本概念和基本定律、线性电阻电路分析、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、放大电路基础和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、时序逻辑电路、脉冲产生整形电路及数/模和模/数转换电路。全书参考学时为102~120学时。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术/张虹主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2006.2
ISBN 7-81077-695-9

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. ①TM13②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 149327 号

电路与电子技术

张 虹 主 编

责任编辑 王媛媛

*

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:18.5 字数:411 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-695-9 定价:25.00 元

前言

《电路与电子技术》是由电路基础和电子技术(包括模拟电子技术和数字电子技术)整合而成的一本教材。电路基础和电子技术是大学各类专业必修的技术基础课程,而随着电子技术在各个领域越来越广泛的应用,它也越来越多地成为非电类专业的重要课程。然而由于学时数的限制以及高校培养目标的改革等诸多原因,以往的相关教材显得篇幅过于庞大,内容分散,容易造成学生学习吃力,负担过重。同时考虑到各个专业对电路、电子课程的不同教学要求,也迫切需要有一本比较简明的教材。为此,我们按照总授课时间为 102 学时(不包括实验)的编写大纲,集中优秀教师,编写了这本《电路与电子技术》教材。它适于作为高等院校计算机、电子和自控等专业的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作的工程人员的自学用书。

教材的编写融入了编者们的丰富的教学实践经验,为了有效地实现课程整合,我们对相关课程进行了大幅度改革,从内容的选取和衔接、例题习题的选定到重点难点的体现,我们都做了细致的分析和充分的论证,最终形成了一套完整的编写指导思想。

本书编写的原则是:(1) 保证基础,加强概念,培养思路;(2) 精选内容,主次分明,详略得当;(3) 面向更新,联系实际,理论与实践并重,知识与技能并重;(4) 问题分析深入浅出,文字叙述通俗易懂,图文并茂,例题精选,便于自学。目的是在保证学生掌握基本内容的前提下,培养学生处理实际问题和自学的能力。考虑到当前电子技术飞速发展、日益更新的趋势,本书适当加强了新技术的内容,尤其突出了集成电路芯片引脚及应用方面的介绍。

参加本书编写的有:张虹(前言和第4,5,7,8,9,11章),刘贞德(第1,6,12章),高寒(第10,13章),于钦庆(第2,3章)。本书由张虹担任主编,并统编全稿;由张建华担任主审。在大纲的讨论和文稿的校对中,陈光军、王明之、张忠义、王新平和宗绪峰都参与并提出了宝贵意见。其中陈光军、王明之为本书提供了一些例题和习题,崔群在电子图稿的绘制中给予了很大帮助。特此致谢。

另外,为了配合教学,便于学生自学,同时为了加强理论与实践的有机结合,我们还编写了《电路与电子技术学习和实验实习指导》,其中包括:典型例题分析(里面有不少考研题目)、习题答案及部分习题详解、实验指导和实习指导以及例题、习题分析,目的是教会学生一种解题思路,培养分析、解决问题的能力;实验、实习指导部分编写了与教材中各部分知识同步的典型实验题目,尤其是提高了综合性、设计性实验的比例,而实习指导主要是指电子实习,因此,《电路与电子技术学习和实验实习指导》既是一本学习辅导书,同时也是一本实验、实习指导书。

编写过程中,由于时间仓促,加之水平有限,对于书中的错误和不妥之处,敬请读者予以批评指正,以便今后不断改进。

编 者

2005年8月

常用符号表

一个文字符号通常由两部分组成:基本符号和下标符号。基本符号大都为一个字母,少数情况有多个字母。下标符号可由一个或多个字母组成。当基本符号或下标符号分别采用大写或小写字母时,各自表示不同的含义,一般规则如下。

(1) 电压和电流

I_B, U_{BE} 大写字母、大写下标表示直流量

I_b, U_{be} 大写字母、小写下标表示交流电的有效值

$\dot{I}_b, \dot{U}_{be}$ 大写字母上面加点、小写下标表示正弦相量

i_B, u_{BE} 小写字母、大写下标表示交直流并存量的瞬时值

i_b, u_{be} 小写字母、小写下标表示交流分量瞬时值

(2) 直流电源电压

V_{CC} 双极型三极管集电极直流电源电压

V_{BB} 双极型三极管基极直流电源电压

V_{EE} 双极型三极管发射极直流电源电压

V_{DD} 场效应管漏极直流电源电压

V_{GG} 场效应管栅极直流电源电压

V_{SS} 场效应管源极直流电源电压

一、基本符号

1. 电流和电压

I_i, U_i 输入电流、输入电压

I'_i, U'_i 净输入电流、净输入电压

I_o, U_o 输出电流、输出电压

U_{oAV} 输出电压平均值

U_{om} 最大输出电压

I_f, U_f 反馈电流、反馈电压

U_{REF} 参考电压

U_S 信号源电压

U_T 温度的电压当量

I_+, U_+ 集成运算放大器同相输入端的电流、电压

I_-, U_- 集成运算放大器反相输入端的电流、电压

2. 功率

P 功率的通用符号

P_o 输出交变功率

P_{om} 输出交变功率最大值

P_V 电源提供的直流功率

3. 频 率

BW 通频带

f_H 放大电路的上限频率

f_L 放大电路的下限频率

f_o 振荡频率、谐振频率

ω 角频率的通用符号

4. 电阻、电容、电感、阻抗

R_i, R_o 电路的输入电阻、输出电阻

R_{if}, R_{of} 有反馈时电路的输入电阻、输出电阻

R_L 负载电阻

R_S 信号源内阻

G 电导的通用符号

C 电容的通用符号

L 电感的通用符号

X 电抗的通用符号

Z 复阻抗的通用符号

5. 增益(或放大倍数)、反馈系数

A 增益(或放大倍数)的通用符号

A_c 共模电压放大倍数

A_d 差模电压放大倍数

A_i 电流放大倍数

A_u 电压放大倍数

A_{uf} 有反馈时的电压放大倍数

A_{us} 考虑信号源内阻时的电压放大倍数

F 反馈系数的通用符号

二、器件符号

1. 器件及引脚名称

D 场效应管的漏极

G 场效应管的栅极

S 场效应管的源极

D	半导体二极管
D_Z	稳压二极管
T	半导体三极管,场效应管
b	三极管的基极
c	三极管的集电极
e	三极管的发射极

2. 器件参数

A_{od}	集成运算放大器的开环差模电压增益
I_{CBO}	集电极-基极之间的反向饱和电流
I_{CEO}	集电极-发射极之间的穿透电流
I_{CM}	集电极最大允许电流
I_S	二极管反向饱和电流
I_Z	稳压管稳定电流
I_{iB}	集成运算放大器输入偏置电流
I_{iO}	集成运算放大器输入失调电流
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率
S_R	集成运算放大器转换速率
U_Z	稳压管稳定电压
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路时集电极-基极之间的反向击穿电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路时集电极-发射极之间的反向击穿电压
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路时发射极-基极之间的反向击穿电压
U_{iO}	集成运算放大器输入失调电压

3. 其他符号

D	非线性失真系数
K	热力学温度单位
K_{CMR}	共模抑制比
M	互感系数
Q	品质因数
S	整流电路的脉动系数
S_r	稳压系数
T	周期、温度
η	效率
τ	时间常数

目 录

第 1 篇 电路基础

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	4
1.2.1 电 流	4
1.2.2 电 压	4
1.2.3 电功率	5
1.3 电 源	5
1.3.1 电压源	5
1.3.2 电流源	6
1.3.3 等效变换	7
1.3.4 受控源	8
1.4 基尔霍夫定律	8
1.4.1 基尔霍夫电流定律	9
1.4.2 基尔霍夫电压定律	10
本章小结	11
习题 1	12

第 2 章 线性电阻电路分析

2.1 节点电压分析法	14
2.2 叠加定理	16
2.3 戴维南定理和诺顿定理	17
2.3.1 戴维南定理	17
2.3.2 诺顿定理	19
2.4 最大功率传输定理	20
本章小结	22

习题 2	22
------------	----

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	26
3.1.1 正弦量的瞬时值	26
3.1.2 正弦量的三要素	26
3.1.3 相位差	28
3.1.4 正弦量的有效值	29
3.2 正弦量的相量表示及相量图	30
3.2.1 复数的表达形式及运算规则	30
3.2.2 正弦量的相量表示	31
3.3 正弦交流电路中电阻、电容和电感伏安关系的相量形式	33
3.3.1 电阻元件电压、电流关系的相量形式	33
3.3.2 电容元件电压、电流关系的相量形式	33
3.3.3 电感元件电压、电流关系的相量形式	34
3.4 阻抗、导纳及简单正弦交流电路的分析	34
3.4.1 阻抗、导纳及阻抗的串、并联	34
3.4.2 简单正弦交流电路的分析	35
3.5 正弦交流电路的功率	36
3.5.1 瞬时功率和平均功率	36
3.5.2 复功率、视在功率和无功功率	38
3.6 谐振电路	39
3.6.1 RLC 串联谐振电路	39
3.6.2 RLC 并联谐振电路	41
本章小结	42
习题 3	42

第 4 章 线性动态电路的分析

4.1 过渡过程及换路定律	47
4.1.1 过渡过程	47
4.1.2 换路定律	47
4.2 一阶 RC 电路的过渡过程	50
4.2.1 RC 电路的零输入响应	50
4.2.2 RC 电路的零状态响应	53
4.3 一阶 RL 电路的过渡过程	55

4.3.1 RL 电路的零输入响应	56
4.3.2 RL 电路的零状态响应	57
4.4 一阶电路的全响应	58
4.4.1 一阶电路的全响应	58
4.4.2 一阶电路的三要素法	58
本章小结	61
习题 4	61

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	67
5.1.1 本征半导体	67
5.1.2 杂质半导体	68
5.1.3 PN 结	69
5.2 半导体二极管	70
5.2.1 二极管的结构和符号	70
5.2.2 二极管的伏安特性	71
5.2.3 二极管的主要参数	73
5.2.4 稳压二极管	73
5.3 晶体三极管	75
5.3.1 三极管的结构和符号	75
5.3.2 三极管的电流放大原理	75
5.3.3 三极管的共射特性曲线	77
5.3.4 三极管的主要参数	79
5.4 场效应管	80
5.4.1 结型场效应管	81
5.4.2 绝缘栅型场效应管	83
5.4.3 场效应管的主要参数	85
5.4.4 场效应管和三极管比较	86
本章小结	86
习题 5	87

第 6 章 放大电路基础

6.1 放大电路的组成及工作原理	92
------------------------	----

6.1.1	放大电路的组成	92
6.1.2	单管共射放大电路的工作原理	93
6.2	放大电路的基本分析方法	94
6.2.1	直流通路与交流通路	94
6.2.2	静态工作点的近似估算	95
6.2.3	图解法	96
6.2.4	微变等效电路法	101
6.3	放大电路静态工作点的稳定	106
6.3.1	温度对静态工作点的影响	106
6.3.2	静态工作点稳定电路	106
6.4	放大电路的三种组态及其比较	109
6.4.1	共集电极放大电路	109
6.4.2	共基极放大电路	111
6.5	多级放大电路	112
6.5.1	耦合方式	112
6.5.2	多级放大电路的电压放大倍数和输入/输出电阻	114
	本章小结	114
	习题 6	115

第 7 章 集成运算放大电路及其应用

7.1	集成电路概述	121
7.1.1	集成电路及其发展	121
7.1.2	集成电路的特点	121
7.1.3	集成电路的分类	122
7.2	集成运放的基本组成及功能	122
7.2.1	偏置电路	123
7.2.2	差分放大输入级	125
7.2.3	互补对称输出级	131
7.3	集成运放的典型电路	133
7.3.1	双极型集成运放 F007	133
7.3.2	集成运放的主要参数	135
7.4	理想运算放大器	136
7.4.1	理想运放的技术指标	136
7.4.2	理想运放的两种工作状态	136
7.5	负反馈放大电路	138

7.5.1 反馈的基本概念	138
7.5.2 反馈的分类	139
7.5.3 反馈类型的判断方法	139
7.5.4 负反馈对放大电路性能的影响	142
7.6 运放基本应用电路分析	143
7.6.1 比例运算电路	143
7.6.2 加减运算电路	146
7.6.3 积分和微分运算电路	149
本章小结	149
习题 7	150

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	159
8.2 数制与码制	160
8.2.1 数 制	160
8.2.2 码 制	162
8.3 逻辑代数及其基本运算	163
8.3.1 基本逻辑运算	163
8.3.2 复合逻辑运算	165
8.4 逻辑函数的表示方法及其相互转换	166
8.4.1 真值表	166
8.4.2 逻辑表达式	166
8.4.3 逻辑图	167
8.4.4 波形图	167
8.4.5 卡诺图	167
8.5 逻辑代数的基本公式、定律和规则	169
8.5.1 基本公式	169
8.5.2 基本定律	169
8.5.3 基本规则	169
8.6 逻辑函数的化简	170
8.6.1 “最简”的概念及最简式的几种形式	170
8.6.2 逻辑函数的公式化简法	171

8.6.3 逻辑函数的卡诺图化简法	172
8.6.4 具有约束的逻辑函数的化简	174
本章小结	175
习题 8	175

第 9 章 逻辑门电路

9.1 半导体器件的开关特性	179
9.1.1 关于高、低电平的概念	179
9.1.2 半导体二极管的开关特性	179
9.1.3 半导体三极管的开关特性	180
9.1.4 MOS 管的开关特性	180
9.2 分立元件门电路	181
9.2.1 二极管与门	181
9.2.2 二极管或门	181
9.2.3 三极管非门(反相器)	182
9.3 TTL 集成门电路	182
9.3.1 TTL 集成与非门	183
9.3.2 TTL 集成非门、或非门、集电极开路门和三态门	186
9.3.3 改进型 TTL 门电路——抗饱和 TTL 门电路	189
9.3.4 TTL 门电路的使用规则	189
9.4 MOS 集成门电路	190
9.4.1 CMOS 门电路	190
9.4.2 CMOS 门电路的使用规则	192
9.4.3 TTL 与 CMOS 门电路之间的接口技术	193
本章小结	193
习题 9	194

第 10 章 组合逻辑电路

10.1 组合逻辑电路概述	198
10.1.1 组合电路的特点	198
10.1.2 组合电路的一般分析方法	198
10.1.3 组合电路的一般设计方法	200
10.2 常用中规模集成组合逻辑电路	201
10.2.1 编码器	201
10.2.2 译码器	205

10.2.3	加法器	210
10.2.4	数值比较器	212
10.2.5	数据选择器	214
10.3	组合电路中的竞争冒险	216
10.3.1	竞争冒险的概念及产生原因	217
10.3.2	竞争冒险的消除方法	217
	本章小结	219
	习题 10	219

第 11 章 时序逻辑电路

11.1	触发器	222
11.1.1	基本 RS 触发器	222
11.1.2	同步触发器	225
11.1.3	主从触发器	228
11.1.4	边沿触发器	232
11.1.5	集成触发器简介	234
11.2	时序逻辑电路概述	234
11.2.1	时序电路的特点	234
11.2.2	时序电路逻辑功能的描述方法	235
11.2.3	时序电路的一般分析方法	236
11.2.4	常用时序电路	236
11.3	计数器	236
11.3.1	计数器的特点和分类	236
11.3.2	同步计数器	237
11.3.3	异步计数器	242
11.3.4	集成计数器构成 N 进制计数器的方法	244
11.4	寄存器	246
11.4.1	数码寄存器	246
11.4.2	移位寄存器	247
11.4.3	寄存器的应用	249
	本章小结	251
	习题 11	251

第 12 章 脉冲产生、整形电路

12.1	555 定时器	256
------	---------------	-----

12.1.1	电路结构	256
12.1.2	基本功能	257
12.2	单稳态触发器	258
12.2.1	电路组成	258
12.2.2	工作原理	258
12.2.3	应用举例	259
12.3	多谐振荡器	260
12.3.1	电路组成	260
12.3.2	工作原理	260
12.3.3	应用举例	261
12.4	施密特触发器	262
12.4.1	电路组成	262
12.4.2	工作原理	262
12.4.3	应用举例	263
本章小结		265
习题 12		265

第 13 章 D/A, A/D 转换器

13.1	D/A 转换器	268
13.1.1	D/A 转换原理	268
13.1.2	倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	269
13.1.3	D/A 转换器的主要技术指标	271
13.2	A/D 转换器	272
13.2.1	A/D 转换的一般步骤	272
13.2.2	取样保持电路	274
13.2.3	逐次渐近型 A/D 转换器	275
13.2.4	双积分型 A/D 转换器	277
13.2.5	A/D 转换器的主要技术指标	278
本章小结		279
习题 13		279

第 1 篇 电路基础