



普通高等教育“十五”国家级规划教材

电路与电子学

麻寿光 主编

麻寿光 葛春亮 杜晶晶 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十五”国家级规划教材

电路与电子学

麻寿光 主编

麻寿光 葛春亮 杜晶晶 编

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

《电路与电子学》是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是针对计算机类、机电类专业新课程体系和教学内容编写的,目的是介绍电路和电子学的基本概念及工程应用。依照“易则易知,简则易从”的道理,从较低的起点开始,以基础知识为重点,以通俗简明的方法指导学生顺利入门。

本书共分 15 章,前 5 章介绍电路的元件和基本组成、直流电路、动态电路和交流稳态电路的基本分析方法,第 6 章简要介绍了小功率电动机,主要考虑到电动机是最常用的动力设备,也是计算机控制的重要对象。后面 9 章包括固态器件理论、三极管和增益的概念、放大器、集成运算放大器、振荡器和各种形式的稳压电源。某些章中专门有一节介绍电路和系统的故障处理,这些都是实际经验的总结,对于培养学生解决实际问题的能力是很有帮助的。本书也介绍了计算机仿真软件的应用,但没有独立成章,这些工具对大多数学生而言使用是很方便的。

本书可供普通高等学校计算机类、机电类专业师生作为教材使用,也可供感兴趣的读者作为参考书使用。

前 言

专家们认为面向 21 世纪的课程体系改革要着重体现:重应用、重开发、重技能、重视野、重素质。根据该原则,本书为宽广的电路和电子学领域提供入门知识和技能,也为那些要进一步深造的人提供关于电路和电子学的概念、基本理论及其在工程中应用的扎实基础。

本书是针对计算机类、机电类专业新的课程体系和教学内容编写的。目的是介绍电路和电子学的基本概念及工程应用。依照“易则易知,简则易从”的道理,本书从较低的起点开始,以基础知识为重点,以通俗简明的方法指导学生顺利入门。让一个初次接触电路理论和电子学的学生有一个平坦的理论和实践经验的积累过程是很重要的。这样有助于学生逐步理解如 R 、 L 、 C 、二极管和三极管这类元器件的功能,然后明白这些功能可以解决的实际问题以及在实际系统中的应用。本教材包括电路和电子学两方面的内容,在编写过程中特别注重使这些知识变得易懂、尽可能准确并且能够以逻辑连贯的主题理解它。这些主题逐步展开,前面的内容为后面深入讨论打下基础。

注重理论与实际工程应用有机结合,实际应用贯穿于全书,这是本书的一个显著特点。本书中所列举的器件、电路和应用都是电子学中的典例,许多例子提供了普遍适用的参数,比如元器件清单、替换指导等,这些在实际工作中都是有用的。本书提供的信息、计算方法和实际电子系统的设计方法都是有经验的技术人员所常用的,书中的内容具有很强的实用性。

本书注重模拟电子学的数字化变革趋势,许多方案都是模拟与数字电路相结合的混合设计,比如三极管开关、开关式放大器、直接数字合成、电源的各种保护措施、开关电源设计实例等都是模拟和数字系统混合设计的典例。

本书共分 15 章,前 5 章介绍电路的元器件和基本组成、直流电路、动态电路和交流稳态电路的基本分析方法,第 6 章简要介绍小功率电动机,主要考虑到电动机是最常用的动力设备,也是计算机控制的重要对象,学习电类课程的学生有必要了解其工作特点。后面 9 章包括固态器件理论、三极管和增益的概念、放大器、集成运算放大器、振荡器和各种形式的稳压电源。某些章中专门有一节介绍电路和系统的故障处理,这些都是实际经验的总结,对于培养学生解决实际问题的能力是很有帮助的。本书也介绍计算机仿真软件的应用,但没有独立成 1 章,这些工具对大多数学生而言使用是很方便的。

读者将发现本书的构思具有使电路和电子学的学习更为生动与有效的特

色。书中的插图尽可能帮你直观地理解正文的内容,每一节结尾配有理解内容的自测题,每章结束的总结列出本章的关键内容,并配有内容丰富的复习题和展宽思路的判断题。自测题配有解答,可以让读者作参考。所有这些都使读者提高学习的兴趣并有更多的收获,为进一步深造打下坚实的基础。

本书第1~6章由葛春亮编写,第7~10章由杜晶晶编写,第11~15章由麻寿光编写,全书由麻寿光统稿。参加本书编写工作的还有陈拔贤、王慧、鲍佳、韩永华等。于秀香完成了大部分书稿的图、文输入工作。本书的编写工作始终得到浙江理工大学教务处的支持。

杭州电子科技大学罗友教授百忙中仔细审阅了书稿,并提出了许多宝贵的意见;浙江大学蒋黔麟教授就本书的内容组织、编写原则等提出了许多重要的建议,在此一并致以衷心的感谢!

虽然用了很多的时间尽可能改正书稿中的谬误与不足,但由于编者水平有限,书中仍难免差错,恳请读者指正。

编者

2005.09

目 录

第 1 章 电路的基本概念及电路元器件	1
1.1 电路的组成要素	1
自测题	2
1.2 电池	2
1.2.1 电池的种类	3
1.2.2 电池的容量	3
1.2.3 电池的内部内阻	3
1.2.4 常用的电池及其特性	4
自测题	6
1.3 电阻元件	6
1.3.1 电阻元件的分类	6
1.3.2 电阻的额定功率	7
1.3.3 电阻的容差(允许误差)	8
1.3.4 电阻的种类	8
自测题	10
1.4 电容元件	10
1.4.1 电容器的主要参数	11
1.4.2 确定电容量的因素	12
1.4.3 电容器的种类及特性	13
自测题	15
1.5 电感元件	16
1.5.1 决定电感量的因素	16
1.5.2 电感器的额定值	17
1.5.3 电感器种类	17
自测题	19
1.6 电路的基本物理量	19
1.6.1 电流及其参考方向	20
1.6.2 电压及其参考方向	20
1.6.3 功率	21

自测题	22
1.7 电路模型	22
1.8 基尔霍夫定律及应用	24
1.8.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	24
1.8.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	25
自测题	27
总结	27
复习题	28
自测题答案	30
第2章 电路的分析方法	32
2.1 电压源与电流源及其等效变换	32
自测题	34
2.2 支路电流法	36
自测题	38
2.3 节点电压法	38
2.4 叠加定理	42
自测题	43
2.5 等效电源定理	44
2.5.1 戴维宁定理	44
2.5.2 诺顿定理	46
自测题	49
2.6 功率传递和网络变换	50
2.6.1 最大功率传递	50
2.6.2 T形- Π 形网络等效变换	51
总结	54
复习题	54
自测题答案	57
第3章 电路的暂态分析	59
3.1 换路定则和初始值的计算	59
3.1.1 电容元件的伏安关系和储能	59
3.1.2 电感元件的伏安关系和储能	60
3.1.3 换路定则	61
自测题	65
3.2 一阶RC电路的暂态过程	65

3.2.1 经典法	65
3.2.2 三要素法	66
自测题	72
3.3 一阶 RL 电路的暂态过程	72
3.3.1 经典法	72
3.3.2 三要素法	73
自测题	78
总结	78
复习题	79
自测题答案	81
第4章 正弦交流电	82
4.1 正弦信号的基本概念	82
4.1.1 频率和周期	82
4.1.2 相位差	83
4.1.3 有效值	85
自测题	87
4.2 正弦信号的相量表示	87
4.2.1 复数及其运算	87
4.2.2 正弦信号的相量表示	88
自测题	91
4.3 理想 R 、 L 、 C 元件的交流电路	91
4.3.1 理想电阻元件的交流电路	91
4.3.2 理想电感元件的交流电路	93
4.3.3 理想电容元件的交流电路	94
自测题	96
4.4 正弦交流电路的一般分析方法	96
4.4.1 RLC 串联交流电路	97
4.4.2 RLC 并联交流电路	99
4.4.3 阻抗的串联和并联	100
自测题	102
4.5 交流电路的功率	102
自测题	106
4.6 谐振电路	106
4.6.1 串联谐振电路	106

4.6.2 选择性和通频带宽度	107
4.6.3 并联谐振电路	113
总结	114
复习题	115
自测题答案	117
第5章 三相交流电路	119
5.1 三相交流电源	119
自测题	122
5.2 三相负载的星形联结	122
5.2.1 对称三相负载电路	123
5.2.2 不对称三相负载电路	125
5.3 三相负载的三角形联结	128
5.3.1 对称三相负载电路	128
5.3.2 不对称三相负载电路	130
自测题	131
5.4 三相电路的功率	131
自测题	133
总结	133
复习题	134
自测题答案	136
第6章 电动机	137
6.1 电动机分类	137
自测题	138
6.2 电动机的额定值	138
6.2.1 额定电压 U_n	138
6.2.2 额定电流 I_n	139
6.2.3 额定功率 P_n	139
6.2.4 额定转速 n_n , 电源的额定频率 f_n , 额定转矩 T_n	140
自测题	142
6.3 电动机机壳	142
6.4 笼型感应电动机	143
6.5 单相电动机	144
6.5.1 电阻分相式电动机	145
6.5.2 电容起动电动机	151

6.5.3 永久电容分相式电动机	151
6.5.4 双值电容电动机	153
6.5.5 罩极式电动机	154
6.5.6 磁阻起动电动机	154
自测题	155
6.6 同步电动机	156
6.7 三相电动机	157
自测题	157
6.8 直流电动机	157
6.8.1 并励直流电动机	159
6.8.2 串励直流电动机	160
6.8.3 复励直流电动机	160
自测题	161
总结	161
复习题	162
自测题答案	164
第7章 电子学简介	166
7.1 发展简史	166
7.2 数字和模拟	167
自测题	171
7.3 模拟电路的功能	171
自测题	174
7.4 直流电路和交流电路	174
自测题	179
7.5 电子学的发展趋势	179
自测题	181
总结	181
复习题	182
判断思考题	182
自测题答案	183
第8章 半导体和结型二极管	184
8.1 导体和绝缘体	184
自测题	187
8.2 半导体	187

自测题	190
8.3 N型半导体	190
自测题	191
8.4 P型半导体	192
自测题	193
8.5 多数载流子和少数载流子	193
自测题	194
8.6 PN结	194
自测题	198
8.7 二极管的特性曲线	199
自测题	202
8.8 二极管的引脚辨认	202
自测题	206
8.9 二极管的品种和应用	206
8.9.1 普通二极管	206
8.9.2 肖特基二极管	207
8.9.3 稳压二极管	208
8.9.4 二极管应用电路	209
8.9.5 光二极管及应用	213
8.9.6 变容二极管及应用	217
8.9.7 PIN二极管及应用	219
自测题	222
总结	222
思考题	224
复习题	225
判断思考题	227
自测题答案	227
第9章 整流与稳压	229
9.1 电源系统	229
自测题	230
9.2 半波整流	230
自测题	232
9.3 全波整流	233
自测题	235

9.4 有效值与平均值变换	236
自测题	240
9.5 滤波	240
自测题	246
9.6 倍压器	246
9.6.1 二倍压整流	246
9.6.2 电源隔离与安全措施	248
9.6.3 多倍压电路	249
自测题	251
9.7 纹波和电压稳定度	251
自测题	253
9.8 稳压电路	253
自测题	256
9.9 电源故障	256
自测题	260
9.10 零件更换	260
自测题	263
总结	263
思考题	264
复习题	266
判断思考题	267
自测题答案	268
第 10 章 三极管	269
10.1 放大	269
自测题	271
10.2 三极管	271
自测题	277
10.3 三极管特性曲线	277
10.3.1 集电极输出特性曲线	277
10.3.2 转移特性曲线	283
自测题	285
10.4 三极管的参数	285
自测题	288
10.5 三极管检测	288

自测题	294
10.6 其它种类三极管	294
10.6.1 光电三极管	294
10.6.2 场效应管	296
10.6.3 单结型三极管	303
自测题	304
10.7 三极管开关	304
自测题	308
总结	308
思考题	310
复习题	311
判断思考题	313
自测题答案	313
第 11 章 小信号放大器	315
11.1 增益计量	315
自测题	322
11.2 共发射极放大器	322
11.2.1 共发射极放大器基本组成	322
11.2.2 共发射极放大器性能分析	323
11.2.3 直流工作点与放大器失真	326
自测题	329
11.3 使放大器稳定	330
自测题	335
11.4 放大器的其它组态	336
11.4.1 放大器的输入阻抗	336
11.4.2 共集电极放大器	337
11.4.3 共基极放大器	338
自测题	342
11.5 仿真和模型	342
自测题	345
11.6 放大器的耦合	346
11.6.1 电容耦合放大器	346
11.6.2 直接耦合放大器	347
11.6.3 变压器耦合放大器	349

自测题	352
11.7 级联放大器的电压增益	353
自测题	362
11.8 场效应管放大器	362
自测题	370
11.9 放大器的负反馈	371
自测题	378
11.10 放大器的频率响应	379
自测题	383
总结	384
思考题	386
复习题	388
判断思考题	394
自测题答案	394
第 12 章 功率放大器	396
12.1 放大器的类型	396
自测题	400
12.2 甲类功率放大器	400
自测题	405
12.3 乙类功率放大器	405
自测题	411
12.4 甲乙类功率放大器	412
12.4.1 甲乙类功率放大器的偏置	412
12.4.2 互补对称放大器(OTL)	413
自测题	417
12.5 丙类功率放大器	417
自测题	423
12.6 开关式功率放大器	423
自测题	426
总结	426
复习题	428
判断思考题	432
自测题答案	432
第 13 章 运算放大器	433

13.1	差分放大器	433
13.1.1	差分放大器的结构	433
13.1.2	差分放大器对干扰噪声抑制	435
	自测题	437
13.2	差分放大器特性分析	437
13.2.1	差分放大器直流偏置	437
13.2.2	差模增益	438
13.2.3	共模增益与共模抑制比	440
	自测题	443
13.3	运算放大器	443
13.3.1	运算放大器的结构	443
13.3.2	转换速率与功率带宽	447
	自测题	449
13.4	运算放大器的闭环增益设定	449
13.4.1	闭环负反馈增益	449
13.4.2	闭环负反馈放大器增益和带宽关系	454
	自测题	456
13.5	运算放大器的频率响应	456
	自测题	461
13.6	运算放大器的应用	462
	自测题	475
13.7	比较器	476
	自测题	479
	总结	479
	复习题	481
	判断思考题	486
	自测题答案	487
第14章	振荡器	489
14.1	振荡器特点	489
	自测题	491
14.2	RC振荡器	491
14.2.1	文氏电桥振荡器	491
14.2.2	移相振荡器	494
14.2.3	双T网络振荡器	497

自测题	498
14.3 LC 振荡器	499
自测题	502
14.4 晶体振荡器	503
自测题	507
14.5 张弛振荡器	508
14.5.1 单结型三极管振荡器	508
14.5.2 多谐振荡器	510
自测题	512
14.6 不希望的振荡	513
自测题	516
14.7 振荡器检修	517
自测题	518
14.8 直接数字合成(DDS)信号源	519
14.8.1 直接数字合成器的基本原理	519
14.8.2 控制与信号频率关系	521
14.8.3 直接数字合成信号源的实现方法	523
自测题	523
总结	524
复习题	525
判断思考题	529
自测题答案	530
第 15 章 稳压电源	531
15.1 开环稳压电源	531
15.1.1 磁饱和稳压器	532
15.1.2 无反馈三极管稳压电源	534
自测题	538
15.2 闭环稳压电源	538
15.2.1 串联稳压电源原理	538
15.2.2 分立元件稳压电源	539
15.2.3 集成电路稳压电源	541
自测题	545
15.3 限流保护和限压保护	545
15.3.1 常规限流保护	545

15.3.2	折返式限流保护	548
15.3.3	crowbar 保护电路	551
15.3.4	压敏电阻瞬态保护	552
	自测题	556
15.4	开关式稳压电源	556
15.4.1	开关式稳压电源的工作原理	556
15.4.2	开关式稳压电源的隔离	562
15.4.3	低噪声开关式稳压电源	563
	自测题	565
15.5	开关式稳压电源设计实例	565
15.5.1	CS3842A 的功能	566
15.5.2	200 kHz、500 W 电源原理	568
15.5.3	输入滤波级设计	568
15.5.4	电源变压器设计	571
15.5.5	输出滤波器设计	573
15.5.6	电流传感器(互感器)计算	574
15.5.7	其它考虑	575
	自测题	576
	总结	576
	复习题	578
	判断思考题	582
	自测题答案	582
	索引	584
	主要参考书目	592