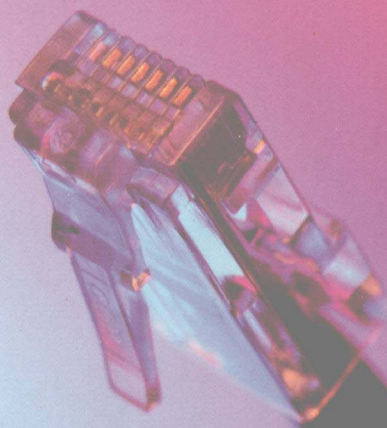


东北师范大学文库

电子线路

岳丽娟
陈菊芳
王连明
编著



DIANZI XIANLU



东北师范大学出版社

东北师范大学文库

电子线路

岳丽娟 陈菊芳 王连明 编著

东北师范大学出版社
长 春

图书在版编目(CIP)数据

电子线路 / 岳丽娟, 陈菊芳, 王连明编著. —长春:
东北师范大学出版社, 2003. 8
ISBN 7 - 5602 - 3489 - 5

I. 电... II. ①岳... ②陈... ③王... III. 电子线
路 N. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 071378 号

☐责任编辑:王忠山 ☐责任校对:方 军

☐封面设计:李冰彬 ☐责任印制:栾喜潮

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 5268 号(130024)

电话:0431—5695744 5688470

传真:0431—5695734

网址: [http:// www.nenup.edu.cn](http://www.nenup.edu.cn)

电子函件: Sdcbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版

吉林省吉新月历制版印刷有限公司印装

2003 年 8 月第 1 版 2005 年 1 月第 2 次印刷

幅面尺寸: 140 mm × 203 mm 印张: 19 字数: 380 千

印数: 500 — 1000 册

ISBN 7 - 5602 - 3489 - 5 / T N · 4 定价: 30.00 元

前 言

电子线路即电子电路,是电子技术的重要组成部分.电子电路是指包含有电子器件(如半导体二、三极管等)的电路.按工作信号分类,电子电路又分为模拟电子电路和数字电子电路两大类,前者的工作信号是模拟信号,后者是数字信号.电子电路中的“信号”是指含有信息的电压和电流.

电子电路和一般电路相比,具有独特的功能,例如能产生不同频率、不同波形的电压或电流,能放大信号幅值,能变换信号频率,能完成各种反馈控制,能运算和处理信号,能存储和记忆信号等等.电子电路是组成各种高新技术电子装置的重要部分,早已深入到通信、广播、电视、电子测量、自动控制、计算机技术等各种科技领域.在工农业生产、科学研究、国防建设和人们的日常生活中,得到了非常广泛的应用.

最初,实际的电子电路是由单个的半导体二极管、三极管、场效应管、电阻器、电容器等元器件用导线连接起来的,称为分立元件电路.随着电子技术的飞速发展,已经能把多功能的复杂电路或者一个小系统的全部(或绝大部分)的元器件及其连线利用集成工艺制作在一小块半导体基片上,再引出导线并封装,构成一个完整的具有一定功能或多功能的器件,称为集成电路或集成组件.与分

立元件电路相比,集成电路体积小,重量轻,功耗低,外部接线及焊点少,工作可靠性高,性能好,应用越来越广泛. 根据在半导体基片上制作的元器件数量的多少,集成电路有小规模、中规模、大规模、超大规模之分. 集成电路的发展是电子技术发展的重要标志.

“电子电路”课原本是电类专业一门重要基础课,但是,由于电子技术的飞速发展和它在各个科技领域中的广泛渗透,使得本课程也成为其他很多专业的一门主要学习内容,更是高等院校物理专业的必定设置的课程之一. 按照“高等师范教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,根据近年来电子电路教学的实践经验,以及兄弟院校同行们的建议,我们编写了这本适用于理科非电类专业使用的电子线路教材.

在该教材编写过程中,我们力图把内容重点放在基本概念、基本电路(或部件)和基本分析方法上,注重学生分析问题和解决问题能力的培养,力求深入浅出,叙述详尽,便于自学. 为此,在内容上作了如下处理:

(1)对半导体知识只作简要介绍.

(2)对半导体器件(含集成器件)的处理,因考虑到电子电路主要是应用器件,故把重点放在它的外部特性或功能上,对其内部结构和工作原理只作简要说明或近似当做“黑匣子”处理.

(3)削减了分立元件电路的内容,增加了集成电路的功能和应用内容,以定性分析为主,突出物理概念,减少繁琐的数学公式推导,给出工程估算的常用公式.

(4)在某些章节前打上“*”号,可根据具体情况进行选用.

(5)在某些内容上加注解、补充说明和指明参考书,以适用不同层次的读者需要.

本教材在结构上分为三部分,共 13 章. 第一部分为模拟电子电路;第二部分为数字电子电路;第三部分为直流稳压电路和电子电路的计算机辅助分析. 其中第一、二、三、四、五、六章由陈菊芳执

笔,第七、八、九、十、十一、十二章由岳丽娟执笔,第十三章由王连明执笔,全书由岳丽娟负责统编和定稿.在教材大纲的建立和编写过程中得到了本专业教研室的一些老教师和兄弟院校同行们的大力支持和帮助,在此一并表示深深的谢意.

由于电子技术的发展日新月异,以及我们的理论水平和实践能力有限,书中缺点和错误在所难免,恳请兄弟院校师生和其他各界读者不吝批评指正.

编著者

2002年2月

目 录

第一部分 模拟电子电路

第一章 半导体器件	2
§ 1.1 导体知识简介	2
1.1.1 半导体的导电特性	2
1.1.2 PN 结	7
§ 1.2 半导体二极管	12
1.2.1 结 构	12
1.2.2 伏安特性	14
1.2.3 主要参数	16
1.2.4 二极管电路分析和应用举例	18
1.2.5 稳压二极管	22
§ 1.3 双极型三极管	25
1.3.1 基本结构	25
1.3.2 伏安特性	28
1.3.3 主要参数	34
§ 1.4 场效应管——MOS 管	43
1.4.1 增强型 MOS 管	44
1.4.2 耗尽型 MOS 管	48
1.4.3 主要参数	49
1.4.4 MOS 管使用注意事项	51
1.4.5 MOS 管和双极型三极管比较	52

本章小结	53
附录 1 - 1 半导体器件型号命名方法	54
附录 1 - 2 特殊二极管	55
思考题与习题	56
第二章 信号放大电路	64
§ 2.1 双极型单管放大电路	64
2.1.1 三极管的放大原理	65
2.1.2 分立元件偏置电路	73
2.1.3 信号的输入和输出方式——三种组态	78
§ 2.2 放大电路的分析	83
2.2.1 放大电路的性能指标	84
2.2.2 双极型三极管的低频交流信号简化模型	87
2.2.3 等效电路分析法	90
§ 2.3 MOS 管单管放大电路	101
2.3.1 偏置电路和静态分析	101
2.3.2 交流性能分析	104
§ 2.4 放大电路的频率特性	109
2.4.1 频率特性和通频带	110
2.4.2 频率失真	112
§ 2.5 多级放大电路和输出功率电路	113
2.5.1 多级放大电路的级间耦合方式	114
2.5.2 多级放大电路性能指标的计算	118
2.5.3 输出功率电路	120
§ 2.6 放大电路的负反馈	128
2.6.1 反馈的基本概念	128
2.6.2 反馈类型及作用	134
2.6.3 负反馈对放大电路性能的影响	138

2.6.4 深度负反馈放大电路的近似计算	143
本章小结	146
附录 2 - 1 放大倍数的分贝单位	147
思考题与习题	148
第三章 集成运算放大器	158
§ 3.1 差动放大电路	158
§ 3.2 集成运放的基本组成	169
§ 3.3 集成运放的主要参数和低频等效模型	172
§ 3.4 集成运放的理想模型及信号的 三种输入方式	176
3.4.1 理想集成运放	176
3.4.2 工作区及其特点	177
3.4.3 集成运放的三种输入方式	179
§ 3.5 集成运放的使用注意事项	184
3.5.1 使用前的准备工作	184
3.5.2 集成运放应用中的保护	186
* 3.5.3 输出电流和输出电压的扩展	187
3.5.4 使用中常出现的问题	189
本章小结	189
思考题与习题	190
第四章 信号运算与比较电路	193
§ 4.1 信号的运算电路	193
4.1.1 比例运算电路	194
4.1.2 加法和减法运算电路	194
4.1.3 积分和微分运算电路	196
§ 4.2 对数和反对数运算电路	200

4.2.1	对数运算电路	200
4.2.2	反对数运算电路	201
§ 4.3	模拟乘法器和乘、除、平方、开方运算电路	201
4.3.1	模拟乘法器	201
4.3.2	乘法和平方运算电路	203
4.3.3	除法和开方运算电路	204
§ 4.4	信号比较电路	206
4.4.1	单限比较电路	206
4.4.2	迟滞比较电路	208
4.4.3	双限(窗口)比较电路	211
本章小结		212
思考题与习题		213
第五章 信号发生电路		218
§ 5.1	正弦波发生电路	219
5.1.1	正弦波振荡的条件和电路组成	219
5.1.2	RC 桥式正弦振荡电路	222
5.1.3	LC 正弦波振荡电路	227
* 5.1.4	石英晶体振荡电路	235
* § 5.2	非正弦波发生电路	241
5.2.1	非正弦波发生电路的基本原理 和基本组成	241
5.2.2	矩形波发生电路	243
5.2.3	三角波发生电路	248
5.2.4	锯齿波发生电路	250
本章小结		252
思考题与习题		253

* 第六章 调制、解调及变频电路	257
§ 6.1 幅度调制及解调	259
6.1.1 幅度调制	259
6.1.2 调幅波的解调——检波	267
§ 6.2 角度调制及解调	270
6.2.1 角度调制	270
6.2.2 调频波的解调——鉴频	277
§ 6.3 变频电路	282
6.3.1 变频原理	282
6.3.2 变频电路	282
本章小结	286
思考题与习题	287

第二部分 数字电子电路

第七章 数字电路分析基础	292
§ 7.1 数制与码制	292
7.1.1 数制及其转换	292
7.1.2 码 制	298
§ 7.2 逻辑函数及基本逻辑关系	301
7.2.1 逻辑变量和逻辑函数	301
7.2.2 基本逻辑关系	303
7.2.3 复合逻辑关系	307
§ 7.3 逻辑代数中的基本定律和规则	311
7.3.1 基本定律和常用恒等式	311
7.3.2 基本规则	313
§ 7.4 逻辑函数的表示方法	314

7.4.1	逻辑真值表	314
7.4.2	逻辑函数式	316
7.4.3	逻辑图	325
7.4.4	卡诺图	327
§ 7.5	逻辑函数式的化简	332
7.5.1	代数化简法	333
7.5.2	卡诺图化简法	335
7.5.3	具有无关项的逻辑函数及其化简	339
本章小结		341
附录 7 - 1 常用逻辑符号对照表		342
思考题与习题		344
第八章 组合逻辑电路		349
§ 8.1	逻辑门电路	350
8.1.1	分立元件门电路	350
8.1.2	集成 TTL 门电路	356
8.1.3	集成 CMOS 门电路	367
§ 8.2	组合逻辑电路的分析和 设计方法	373
8.2.1	组合电路的分析方法	374
8.2.2	组合逻辑电路的设计方法	377
§ 8.3	常用组合逻辑电路	381
8.3.1	编码器	381
8.3.2	译码器	386
8.3.3	数据选择器	397
8.3.4	加法器	403
8.3.5	数值比较器	406
本章小结		409

附录 8 - 1 高、低电平概念	410
附录 8 - 2 混合逻辑问题	411
附录 8 - 3 半导体集成电路型号命名法	412
附录 8 - 4 短形脉冲	413
思考题与习题	414
第九章 时序逻辑电路	420
§ 9.1 触发器	420
9.1.1 基本 RS 触发器	421
9.1.2 同步 RS 触发器	424
9.1.3 主从触发器	428
9.1.4 D 边沿触发器	432
§ 9.2 时序逻辑电路的分析	436
9.2.1 概 述	436
9.2.2 同步时序逻辑电路的分析方法	438
§ 9.3 常用时序逻辑电路	445
9.3.1 寄存器	445
9.3.2 计数器	454
本章小结	475
思考题与习题	476
第十章 半导体存储器	483
§ 10.1 只读存储器(ROM)	484
10.1.1 固定只读存储器(ROM)	484
10.1.2 可编程只读存储器(PROM)	488
10.1.3 可改写只读存储器(EPROM)	489
§ 10.2 随机存取存储器(RAM)	493
10.2.1 静态 RAM	493

10.2.2 动态 RAM	497
§ 10.3 用 ROM 实现逻辑电路	499
10.3.1 基本原理	499
10.3.2 应用举例	501
§ 10.4 可编程逻辑阵列(PLA)	505
本章小结	508
思考题与习题	508
第十一章 脉冲电路和模 - 数、数 - 模转换器	512
§ 11.1 单稳态触发器	512
11.1.1 用门电路组成的单稳态触发器	512
11.1.2 集成单稳态触发器	516
11.1.3 单稳态触发器应用举例	519
§ 11.2 555 定时器	521
11.2.1 555 定时器电路与工作原理	522
11.2.2 555 定时器应用举例	524
* § 11.3 数字 - 模拟转换电路(DAC)	528
§ * 11.4 模拟 - 数字转换电路(ADC)	534
本章小结	539
思考题与习题	539
第三部分 直流稳压电源和电子电路的 计算机辅助分析	
第十二章 直流稳压电源	543
§ 12.1 小功率整流滤波电路	544
12.1.1 单向桥式整流电路	545

12.1.2 滤波电路	547
§ 12.2 稳压电路	554
12.2.1 稳压电路的质量指标	554
12.2.2 串联反馈式稳压电源	555
12.2.3 集成稳压电路	558
本章小结	565
思考题与习题	566
 第十三章 电子电路的计算机辅助分析与设计软件	
PSPICE 简介	568
§ 13.1 电路 CAA、CAD 的基本概念	568
§ 13.2 通用电路仿真程序的基本原理及结构	570
§ 13.3 PSPICE 软件的使用方法	571
13.3.1 输入网表文件的组成及注意事项	572
13.3.2 元器件描述语句	574
13.3.3 电源描述语句	576
§ 13.4 电路分析与控制语句	578
§ 13.5 PSPICE 应用举例	580
 部分思考题与习题参考答案	 583
 参考文献	 589

第一部分 模拟电子电路

模拟电子电路(简称模拟电路)的工作信号是模拟信号。所谓模拟信号是指模仿非电物理量(如声音、温度、压力、位移等)而产生的电压或电流。例如,话筒输出的电压——模仿声音的变化,热电偶输出的电压——模仿温度的变化,它们就是模拟信号。其特点是,大部分在时间上和幅值上都是连续的。

模拟电路课是一门实践性很强的技术基础课。在处理问题和分析方法上与数学、物理等理论基础课有着明显不同。数学、物理课理论性很强,有严密的推导和论证,而模拟电路课更强调理论和实际的结合,着眼于解决错综复杂的实际问题。因此,模拟电路课多采用近似的分析计算方法。这是由实际电路本身特点决定的。因为组成实际电路器件参数的分散性和电路各种寄生因素的影响,任何严格的计算都不可能得到与实际完全符合的精确结果,过分苛求“严密”计算是不必要的,而且还会使问题复杂化,甚至无法解决。因此,为了突出主要问题,通常在一定条件下,首先对电路作出合理近似,然后对电路作定性分析、定量估算,最后对实际电路进行实验调整,使其达到预期结果。

电路分析中的方法、定理和定律是分析和设计模拟电路的有效工具。

第一章 半导体器件

半导体器件是组成电子电路重要的核心器件,掌握它们的结构、特性及参数是分析和设计电子电路的基础和前提.常用的半导体器件有半导体二极管、双极型三极管、场效应管和集成组件等.本章先讨论前三种器件,常用集成组件将在后面有关章节中陆续介绍.

半导体器件的内部结构和外部(电)特性是研究半导体器件的两个基本方面,但考虑到在电子电路的实践中主要是应用器件,按“管为路用”原则,故把重点放在器件和外特性上,对其内部的结构和工作原理只作简要说明或近似当做“黑匣子”处理.

§ 1.1 半导体知识简介

半导体器件都是由半导体材料制成的,因此,在研究半导体器件的特性之前,先对半导体的有关知识作一简单介绍.

1.1.1 半导体的导电特性

自然界中的物质按其导电性能来划分,可分为导体、绝缘体和半导体三类.容易导电的物质为导体,如银、铜、铝、铁等金属材料;