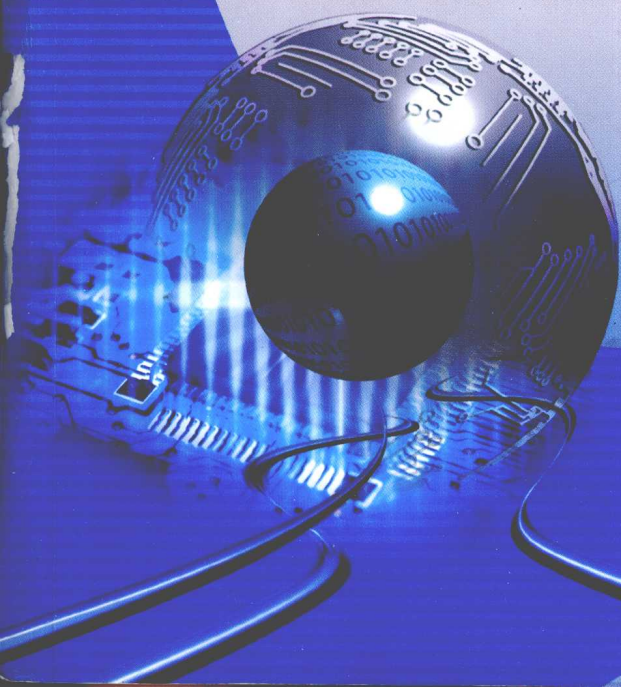


21世纪电工电子学课程系列教材

电 工 学

主 编 李 飞

副主编 刘曼玲 姜 霞



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

21 世纪电工电子学课程系列教材

电 工 学

主 编 李 飞

副主编 刘曼玲 姜 霞

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学/李飞主编. —长沙:中南大学出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-5487-0047-0

I. 电... II. 李... III. 电工学 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 131927 号

电 工 学

主编 李 飞

☐责任编辑 邓立荣

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 730 × 960 1/16 ☐印张 25.5 ☐字数 469 千字

☐版 次 2010 年 7 月第 1 版 ☐2010 年 7 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0047-0

☐定 价 48.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

总 序

我的面前摆放着十多本封面五颜六色的电工电子学系列课程教材,它们是中南大学信息科学与工程学院电子科学与技术系电工电子学系列课程教学团队多年辛勤劳动和教学实践的结晶。

电流所经过的路径叫电路。大学生学习(电工电子)电路课程的意义犹如行人、游人、司机学习行路知识和人们探求人生之路的真谛一样重要。无论是“电路”、“前进道路”还是“人生道路”,都有一个“路”字。俗话说,“路是人走出来的”。人生之路是探索出来的,行路见识是体验出来的,电路知识是学习得来的。研究发现,人类社会的许多自然现象、科技和人文问题都可用电路的方法来模拟,人类自身的许多活动和智能行为也可用电路的方法通过硬件与软件来模仿。因此,电工电子学系列课程作为技术基础课程对高校人才培养所起的重要作用是不言而喻的。电工电子学的基础知识、基础理论和基本技能正通过教学活动和人的智能活动向各个学科领域扩展和渗透,发挥着越来越大的作用。通过本系列课程学习,学生能够获得关于电工电子学的基本理论、基本知识和基本技能,为后续专业课程的学习和毕业后参加工作打下基础。

现由中南大学出版社出版的这套电工电子学系列教材,是根据电工电子学系列课程教学体系而编写的,其教学目标在于培养学生的创新能力,满足不同专业学生的培养要求和个性化人才培养的需求。该系列教材分为3大类别:第1为基础知识类,第2为扩展知识类,第3为实践技能类。其中,基础知识教材又分为电类、机电类、非电类、文理类4个层次共9个模块;扩展知识类教材主要是电工电子学新知识的扩展与延伸,共有10个模块;实践技能类教材分为实验、实习和课程设计3个模块。

中南大学信息科学与工程学院电子科学与技术系教学人员在全校电工电子学系列课程教学中取得了不俗成绩。2002年电工电子学系列课程获得湖南省优秀课程;2005年电工电子学教学实验中心获省级示范实验中心,2007年电工电子学实习基地被评为省级优秀实习基地。现在3门课程获得校级精品课,1门课程获得省级精品课,3部教材获得“十一五”国家规划教材。他们还获得省级教学成果一等奖2项、二等奖1项、三等奖1项;参加该系列课程学习的6名学生获得全国大学生电子设计竞赛一等奖,12名学生获得全国大学生电子设计竞赛二等奖,3名学生获得第二届“博创杯”全国大学生嵌入式设计大赛二等奖,

2 名学生获全国大学生“挑战杯”创业大赛金奖。这些成果不仅表明这支电工电子学系列课程教学团队具有很强的实力和很高的水平,而且也从一个侧面反映出该系列课程教学的丰硕成果。

这套电工电子学系列教材的编写精益求精,内容系统全面,取材新颖,反映了本学科及其教材研究和应用的新进展,值得进一步推广使用。我相信,该系列新版教材的问世和使用,将为我国电工电子学科和教材的发展做出更大的贡献。

蔡自兴

中南大学教授、博士生导师
全国高等学校首届国家教学名师
国际导航与运动控制科学院院士

2008 年 6 月 5 日

于长沙岳麓山下

前言

电工学是一门非电专业的技术基础课程,它的主要任务是为学生学习专业知识和从事工程技术工作打好电工电子技术的理论基础。为了适应电工电子技术的飞速发展、培养 21 世纪工程技术人才的需要,本书注重基础,精选内容,原理分析简明,并通过大量的例题和习题来阐述理论的实际应用,并在每章配有自学内容[书中以星号(*)标注],以适应不同专业和不同层次学生的需要,从而进一步加强对学生的个性化的培养和综合应用能力。

全书分为 4 编,共 13 章。第 1 编为电路基础,包含第 1、2、3 章。第 1 章为直流电路,介绍了电路的组成和作用,电路的基本元件,电路的分析方法和定理;第 2 章为正弦交流电路,介绍了正弦交流的概念,交流电路的分析方法以及交流电路的功率和谐振,介绍了三相电路和安全用电;第三章为动态电路分析,介绍了动态电路的基本概念和运用三要素法分析电路。第 2 编为电机与控制,包含第 4、5、6 章。第 4 章为磁路和变压器,介绍了磁路的基本概念和交流铁芯线圈电路以及变压器的工作原理;第 5 章为电动机,介绍了三相异步电动机的工作原理和控制;第 6 章为电气控制,介绍了常用的控制电器和电动机的控制电路。第 3 编为模拟电子技术,包含第 7、8、9、10 章。第 7 章为半导体器件,介绍了半导体二极管、三极管、稳压管、场效应管的工作原理和特性;第 8 章为基本放大电路,介绍了基本放大电路的组成及工作原理,重点讨论了基本放大电路的分析方法;第 9 章为集成运算放大电路,介绍了理想运算放大器的工作原理及特性,反馈的概念和判别方法,信号运算电路和处理电路的工作原理和分析方法;第 10 章为直流稳压电源,介绍了整流、滤波和稳压电路的工作原理。第 4 编为数字电子技术,包含第 11、12、13 章。第 11 章为组合逻辑电路,介绍了逻辑代数基础,基本门电路,组合逻辑电路的分析和设计以及常用的组合逻辑电路;第 12 章为时序逻辑电路,介绍了触发器和触发器的逻辑功能、电路结构与动作特点,时序逻辑电路的分析和设计方法及应用;第 13 章为数/模和模/数转换器,介绍了 D/A、A/D 变换器的工作原理。本书可作为高等工科院校电工类、电气类、计算机类、机电类等专业的技术基础教材,亦可作为高等职业技术学院和高级技工学校非电类和近电类工科专业的基础教材。

本书由李飞任主编，刘曼玲、姜霞任副主编。其中，李飞负责编写第1章、第2章、第3章、第4章、第13章和附录部分；刘曼玲编写第5章、第6章、第11章和第12章；姜霞编写第7章、第8章、第9章和第10章。全书最后由李飞统稿和定稿。

本书在编写过程中，得到了陈明义、覃爱娜、陈宁、罗桂娥、宋学瑞等老师的大力支持并提出了很多宝贵的意见，在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，殷切期望读者批评指正。

编 者

目 录

第1编 电路基础

第1章 直流电路	(1)
1.1 电路的作用与组成	(1)
1.2 电路模型及电路变量	(2)
1.3 电路的参考方向	(4)
1.4 电路基本元件	(6)
1.4.1 理想无源元件	(6)
1.4.2 理想有源元件	(12)
1.4.3 等效变换及受控源	(13)
1.5 电路的状态	(15)
1.5.1 电源有载工作	(15)
1.5.2 电源开路	(16)
1.5.3 电源短路	(16)
1.6 基尔霍夫定律	(17)
1.6.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	(18)
1.6.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	(18)
1.7 支路电流法	(20)
1.8 电路定理	(21)
1.8.1 叠加定理	(21)
1.8.2 戴维宁定理	(22)
1.8.3 诺顿定理	(25)
*1.9 结点电压法	(26)
*1.10 非线性电阻电路分析	(27)
本章小结	(29)
复习思考题	(30)
第2章 正弦交流电路	(34)
2.1 正弦量的基本概念	(34)

2.1.1	正弦量的三要素	(34)
2.1.2	正弦量的有效值	(35)
2.1.3	正弦量的相位差	(36)
2.2	正弦量的相量表示	(38)
2.2.1	相量的概念	(38)
2.2.2	相量	(39)
2.2.3	相量图	(40)
2.3	单一的交流电路	(41)
2.3.1	纯电阻交流电路	(41)
2.3.2	纯电容交流电路	(42)
2.3.3	纯电感交流电路	(44)
2.4	串并联交流电路	(46)
2.4.1	阻抗的概念	(46)
2.4.2	阻抗的串并联电路	(50)
2.5	正弦稳态电路的功率	(51)
2.5.1	功率	(51)
2.5.2	电路的功率因数及补偿	(53)
2.6	谐振	(56)
2.6.1	串联谐振	(56)
2.6.2	并联谐振	(57)
2.7	三相电路	(60)
2.7.1	三相电源	(61)
2.7.2	三相负载	(64)
2.7.3	三相功率	(65)
2.7.4	对称三相电路的分析	(68)
2.8	安全用电	(70)
2.8.1	触电事故	(70)
2.8.2	触电防护	(72)
2.8.3	静电防护	(75)
*2.9	非正弦周期电流电路的分析	(76)
2.9.1	非正弦周期信号	(76)
2.9.2	有效值、平均值和平均功率	(77)
2.9.3	非正弦周期电流电路的计算	(77)
2.10	非对称三相电路的分析	(78)

本章小结	(81)
复习思考题	(82)
第3章 动态电路分析	(87)
3.1 动态电路的基本概念及三要素法	(87)
3.2 换路定则及初始值的确定	(88)
3.2.1 换路定则	(89)
3.2.2 初始值的确定	(90)
3.3 一阶电路的响应	(90)
3.3.1 一阶电路的零输入响应	(91)
3.3.2 一阶电路的零状态响应	(93)
3.3.3 一阶电路的全响应	(94)
*3.4 二阶电路的分析	(95)
本章小结	(97)
复习思考题	(98)

第2编 电机与控制

第4章 磁路和变压器	(100)
4.1 磁路	(100)
4.1.1 磁场的基本物理量	(101)
4.1.2 物质的磁性能	(101)
4.1.3 磁路的基本定律	(104)
4.2 交流铁芯线圈	(106)
4.3 变压器	(110)
4.3.1 变压器的结构	(110)
4.3.2 变压器的工作原理	(111)
4.3.3 变压器的使用	(115)
*4.4 特殊变压器	(118)
*4.5 变压器绕组的极性	(119)
本章小结	(120)
复习思考题	(121)
第5章 电动机	(122)
5.1 三相异步电动机的结构	(122)

5.2 三相异步电动机的工作原理	(124)
5.2.1 旋转磁场	(124)
5.2.2 三相异步电动机的工作原理	(127)
5.2.3 转差率	(127)
5.3 三相异步电动机的转矩和机械特性	(128)
5.3.1 电磁转矩	(128)
5.3.2 机械特性	(129)
5.4 三相异步电动机的启动	(132)
5.5 三相异步电动机的调速	(136)
5.6 三相异步电动机的制动	(138)
5.7 三相异步电动机的铭牌数据	(140)
*5.8 其他电动机	(144)
5.8.1 电动机的分类	(144)
5.8.2 控制电机	(146)
5.8.3 单相异步电动机	(147)
本章小结	(148)
复习思考题	(150)
第6章 继电器接触器控制系统	(152)
6.1 常用低压控制电器	(152)
6.1.1 开关	(153)
6.1.2 熔断器	(156)
6.1.3 热继电器	(158)
6.1.4 低压断路器	(159)
6.1.5 交流接触器和中间继电器	(160)
6.1.6 时间继电器与速度继电器	(161)
6.2 三相鼠笼式异步电动机的控制电路	(164)
6.2.1 直接启动控制电路	(164)
6.2.2 Y- Δ 启动控制电路	(165)
6.2.3 正反转控制电路	(166)
6.2.4 顺序控制电路	(168)
*6.3 可编程控制器	(169)
6.3.1 可编程序控制器的产生与特点	(169)
6.3.2 可编程控制器的组成与各部分的作用	(169)

6.3.3 可编程序控制器的应用	(172)
本章小结	(174)
复习思考题	(175)

第3编 模拟电子技术

第7章 半导体器件	(176)
7.1 半导体的基本知识	(176)
7.1.1 本征半导体	(171)
7.1.2 杂质半导体	(178)
7.1.3 PN结	(179)
7.2 半导体二极管	(181)
7.2.1 基本结构	(181)
7.2.2 伏安特性	(182)
7.2.3 主要参数	(183)
7.2.4 特殊二极管	(184)
7.3 半导体三极管	(187)
7.3.1 基本结构	(187)
7.3.2 工作原理	(188)
7.3.3 特性曲线	(189)
7.3.4 主要参数	(192)
*7.4 场效应晶体管	(193)
7.4.1 基本结构和工作原理	(193)
7.4.2 特性曲线	(195)
7.4.3 主要参数	(197)
本章小结	(197)
复习思考题	(198)
第8章 基本放大电路	(201)
8.1 概述	(201)
8.1.1 放大的概念	(201)
8.1.2 放大电路的主要性能指标	(202)
8.1.3 基本放大电路的组成和工作原理	(205)
8.2 放大电路的分析	(209)

8.2.1 静态分析	(209)
8.2.2 动态分析	(210)
8.3 基本放大电路	(215)
8.3.1 分压式偏置共射放大电路	(215)
8.3.2 共集放大电路	(218)
8.4 多级放大电路	(221)
本章小结	(225)
复习思考题	(226)
第9章 集成运算放大电路	(230)
9.1 集成运算放大电路概述	(230)
9.1.1 集成运放的理想化条件	(231)
9.1.2 集成运放的电压传输特性	(231)
9.2 放大电路中的负反馈	(232)
9.2.1 反馈的概念	(233)
9.2.2 反馈的类型及其判断	(233)
9.2.3 负反馈对放大电路性能的影响	(235)
9.3 信号的运算和处理电路	(237)
9.3.1 运算电路	(237)
9.3.2 电压比较器	(244)
9.3.3 有源滤波器	(246)
9.3.4 RC 振荡电路	(249)
*9.4 差分放大电路及功率放大电路	(252)
9.4.1 差分放大电路	(252)
9.4.2 功率放大电路	(255)
本章小结	(257)
复习思考题	(258)
第10章 直流稳压电源	(262)
10.1 直流稳压电源的组成	(262)
10.2 整流电路	(263)
10.2.1 单相半波整流电路	(263)
10.2.2 单相桥式整流电路	(264)
10.3 滤波电路	(267)

10.3.1 电容滤波器(C 滤波器)	(268)
10.3.2 电感电容滤波器(LC 滤波器)	(270)
10.3.3 π 形滤波器	(271)
10.4 稳压电路	(272)
10.4.1 稳压管稳压电路	(272)
10.4.2 串联型稳压电路	(273)
*10.5 集成稳压电源	(274)
本章小结	(276)
复习思考题	(277)

第4编 数字电子技术

第11章 组合逻辑电路	(280)
11.1 逻辑代数基础	(281)
11.1.1 基本逻辑运算	(281)
11.1.2 基本逻辑运算规则	(285)
11.2 逻辑函数及其化简	(287)
11.2.1 逻辑函数的表示方法	(287)
11.2.2 逻辑函数的化简	(290)
11.3 基本门电路	(294)
11.4 组合逻辑电路的分析	(298)
11.5 组合逻辑电路的设计	(299)
11.6 常用的组合逻辑电路	(301)
11.6.1 加法器	(301)
11.6.2 编码器	(303)
11.6.3 译码器	(307)
11.6.4 数据选择器	(314)
*11.7 集成TTL逻辑门电路	(317)
11.7.1 TTL逻辑门	(318)
11.7.2 CMOS逻辑门	(319)
本章小结	(321)
复习思考题	(322)

第 12 章 时序逻辑电路	(326)
12.1 触发器	(326)
12.1.1 RS 触发器	(326)
12.1.2 边沿 JK 触发器	(330)
12.1.3 D 触发器	(333)
12.1.4 T 和 T' 触发器	(335)
12.1.5 触发器逻辑功能的转换	(336)
12.2 寄存器	(338)
12.2.1 数码寄存器	(338)
12.2.2 移位寄存器	(339)
12.3 计数器	(340)
12.3.1 二进制计数器	(341)
12.3.2 十进制计数器	(345)
12.3.3 任意进制计数器	(348)
*12.4 555 集成定时器及其应用	(351)
12.4.1 555 定时器的电路结构及工作原理	(351)
12.4.2 555 定时器的应用	(353)
本章小结	(354)
复习思考题	(355)
第 13 章 数 - 模与模 - 数转换器	(359)
13.1 D/A 转换器	(359)
13.1.1 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	(360)
13.1.2 D/A 转换器的输出方式	(361)
13.1.3 D/A 转换器的主要技术指标	(362)
13.2 A/D 转换器	(363)
13.2.1 逐次逼近型模 - 数转换器	(363)
13.2.2 A/D 转换器的主要技术指标	(364)
本章小结	(364)
复习思考题	(364)
附 录	(366)
实验 1 线性有源一端口网络等效参数测定电路设计	(366)

实验 2 阻抗的并联及功率因数的提高	(369)
实验 3 一阶 RC 电路过渡过程的研究	(373)
实验 4 单管放大电路的分析	(376)
实验 5 整流、滤波和稳压电路的研究	(380)
实验 6 基本门电路逻辑功能测试	(383)
复习思考题答案	(385)
参考文献	(391)

第1编 电路基础

第1章 直流电路

本章以直流电路为研究对象,重点讨论了电路的基本知识、基本定律以及电路的分析和计算方法。把分析直流电路的这些基本理论和分析方法稍加扩展,就可以用来分析和计算交流电路。所以本章的内容也是今后分析电子电路的重要基础。

1.1 电路的作用与组成

电路在日常生活、生产和科学研究工作中得到了广泛应用,如:在收录机、电视机、录像机、音响设备、计算机、通信系统和电力网络中都可以看到各种各样的电路。这些电路的特性和作用各不相同。虽然电路功能不同,实际电路也千差万别,但不同的电路都遵循着同样的基本电路规律。

根据电路的功能将电路分为两种:一种是实现电能传输和分配,并将电能转换成其他形式的能量,如电力系统或通信系统。电路的另一个作用是对信号进行处理,通过电路把输入的信号(又称为激励)进行变换或加工变为所需要的输出(又称为响应),如收音机、电视机的放大电路,调谐电路,存储电路,整流滤波电路等。

为了实现电能的产生、传输及使用的任务,把所需要的电路元件按一定的方式连接起来,即构成电路。所以电路是由电器设备构成的总体。它提供了电流流通的路径,在电路中随着电流的通过,进行着能量的转换、传输、分配的过程。一个完整的电路要有三个基本组成部分:第1个组成部分是电源,它是产生电能或信号的设备,是电路中的信号或能量的来源,工作时将其他形式的