



普通高等教育 **电气信息类** 应用型规划教材

电工与电子技术

李继凯 主编



科学出版社



免费提供电子教案

普通高等教育电气信息类应用型规划教材

电工与电子技术

李继凯 主编

刘晓燕 李冬梅 副主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

在我国高等教育发展的新形势下,本书根据一般高校培养应用型人才的目标定位,以教育部电子电气学科基础课程教学指导委员会最新修订的电工学课程教学基本要求为依据编写而成。本书内容简明扼要、深入浅出、通俗易懂、便于自学,同时注重学生实际应用能力的培养。主要包括电路的基本概念和基本定理、直流电阻性电路的分析、正弦交流电路分析、三相交流电路及其应用、磁路与变压器、电动机、继电-接触器控制、半导体二极管及其应用、半导体三极管及其放大电路、集成运算放大器及其应用、直流稳压电源、组合逻辑电路和时序逻辑电路等内容。

本书可作为普通高等院校工科非电类各专业本、专科生的电工学教材或教学参考书,也可作为高职、高专院校相关专业的教材以及工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/李继凯主编. —北京: 科学出版社, 2015

(普通高等教育电气信息类应用型规划教材)

ISBN 978-7-03-044245-1

I. ①电… II. ①李… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 093735 号

责任编辑: 陈晓萍 / 责任校对: 刘玉靖

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张: 19

字数: 433 000

定价: 39.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新科〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62138978-2009

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育电气信息类应用型规划教材
编 委 会

主 任：刘向东

副主任：方志刚 张明君

成 员：万 旭 万林生 王泽兵 龙建忠 叶时平 代 燕
伍良富 刘加海 祁亨年 杜益虹 李联宁 张永炬
张永奎 张克军 杨起帆 周永恒 金小刚 洪 宁
秦洪军 凌惜勤 陶德元

秘书长：刘加海（兼）

秘 书：陈晓萍 周钗美

前 言

“电工电子技术”是高等学校工科非电类各专业的一门技术基础课。随着科学技术的发展，电工电子技术的应用日新月异，并且日益渗透到其他学科领域，并促进其发展。通过本课程的学习可使学生获得电工电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能，了解电工电子技术应用和我国电工电子事业发展的概况，为今后学习和从事与本专业有关的工作打下一定的基础。

当前，我国的高等教育已由精英教育过渡到大众化教育，国家已经作出要引导一批地方本科高校向应用技术型高校转型的决定。应用技术型高校必须按照真正培养应用型人才的培养目标对现有课程体系、教学内容，尤其是教材进行改革。因为现有的“电工电子技术”教材大多是按照“宽口径、厚基础”、培养学术型人才编写的，突出学科体系的完整性和系统性，这些教材不适合以培养应用技术型人才为目标的地方本科高校使用。本书针对以培养应用技术型人才为目标的地方本科高校以及高等职业院校学生的特点编写而成。

与其他教材相比，本书具有如下特点。

1. 本书按照教育部电子电气学科基础课程教学指导委员会最新修订的电工学课程教学基本要求编写而成。在保证基本教学内容的前提下，针对地方本科高校以及高等职业院校学生的特点，体现因材施教的需要。

2. 本书在结构上充分考虑了教学内容中各个知识点的特点及其内在联系，按照“有用、可用、管用”的原则，精心选择教学内容。章节前后次序编排合理，内容由浅入深、循序渐进，符合学生的认知规律。

3. 在目前教学学时普遍较少的情况下，本书突出基本概念和基本原理，对一些重点、难点概念的叙述力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂，并采用比较有效和精练的叙述方式把问题交代清楚，特别适合初学者学习，同时更有利于培养学生在教师指导下的自学能力。

4. 全书突出“工程应用”的特点。对于各种半导体器件和集成电路，删除了器件内部电路的工作原理分析，侧重器件的外特性、技术参数和工程应用方法介绍。教学内容突出理论联系实际，减少复杂的数学推导，突出定性分析和工程估算。既满足教学要求，又方便教师教、学生学。

5. 制作了与本书内容配套、真正适合教师教学使用的高质量教学课件（包括习题课件），为教师教学提供了方便。

本书每章以“本章学习目的和要求”开始，以“小结”结束，前后呼应。每章后面都精选了练习题，供学生课外练习、巩固所学内容，书后附有参考答案。本书参考学时

为 45~60 学时，打“*”号的章节为选讲内容，教师可根据各学校的教学安排、学时数及学生的实际情况灵活处理。

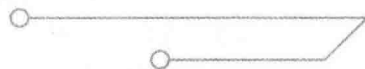
本书第 1~4 章由刘晓燕编写，第 5~7 章由李冬梅编写，第 8~13 章及附录由李继凯编写，习题参考答案由李继凯负责收集、整理，全书由李继凯统稿并担任主编。由于作者水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，恳切希望读者给予批评指正，有关意见可以发至主编电子邮箱：13727840821@qq.com。与本书配套的 PPT 教学课件可向出版社或作者索取。

在本书出版过程中，参阅了大量文献资料，得到了科学出版社的大力支持和帮助，作者对他（她）们的贡献和辛勤劳动表示衷心的感谢！

李继凯

2015 年 3 月

目 录



前言

第 1 章 电路的基本概念和基本定理	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压和电位	4
1.2.3 电流和电压的关联参考方向	5
1.2.4 电功率和电能	6
1.3 电阻、电感、电容元件及其特性	7
1.3.1 电阻元件	7
1.3.2 电容元件	8
1.3.3 电感元件	11
1.4 电源元件	12
1.4.1 独立电源	12
1.4.2 受控源	13
1.5 基尔霍夫定律	14
1.5.1 基尔霍夫电流定律	15
1.5.2 基尔霍夫电压定律	16
小结	17
习题	18
第 2 章 直流电阻性电路的分析	21
2.1 电阻电路的等效变换	21
2.1.1 电阻串联的等效变换及分压关系	21
2.1.2 电阻并联的等效变换及分流关系	22
2.1.3 电阻混联电路的等效变换	23
2.2 电源的等效变换	25

2.2.1	理想电源的等效变换	25
2.2.2	实际电压源与实际电流源的等效变换	26
2.3	支路电流法	28
2.4	叠加定理	30
2.5	戴维南定理	33
	小结	36
	习题	37
第3章	正弦交流电路分析	40
3.1	正弦交流电的基本概念	40
3.2	正弦交流电的三要素	40
3.3	正弦电量的相量表示法	44
3.3.1	复数及其运算	44
3.3.2	正弦量的相量表示方法	47
3.4	单一参数正弦交流电路	48
3.4.1	电阻元件	49
3.4.2	电感元件	49
3.4.3	电容元件	51
3.5	电路基本定律的相量形式	52
3.5.1	基尔霍夫定律的相量形式	52
3.5.2	欧姆定律的相量形式及阻抗的概念	53
3.6	简单正弦交流电路的分析计算	55
3.6.1	阻抗串联的正弦交流电路	55
3.6.2	阻抗并联的正弦交流电路	55
3.6.3	阻抗串并联的正弦交流电路	56
3.7	正弦交流电路的功率	57
3.7.1	正弦交流电路的功率计算	57
*3.7.2	功率因数的提高	59
	小结	61
	习题	62
第4章	三相交流电路及其应用	65
4.1	三相电源	65
4.1.1	三相交流电的产生	65
4.1.2	三相四线制的供电方式	67
4.2	三相电路负载的连接	68
4.3	三相对称电路的计算	69
4.3.1	负载星形连接的三相四线制电路	69

4.3.2 负载三角形连接的三相三线制电路	71
4.4 安全用电	72
小结	74
习题	75
第5章 磁路与变压器	76
5.1 磁路与磁性材料	76
5.1.1 磁路	76
5.1.2 磁场的基本物理量	77
5.1.3 铁磁物质的磁特性	78
5.2 电磁铁	79
5.3 变压器	82
5.4 常用变压器	85
小结	88
习题	89
第6章 电动机	90
6.1 电动机概述	90
6.2 三相异步电动机	90
6.2.1 三相异步电动机的基本结构	90
6.2.2 三相异步电动机的工作原理	92
6.2.3 三相异步电动机的铭牌数据	95
6.2.4 三相异步电动机的起动、调速和制动	96
6.3 常用电动机	98
小结	100
习题	101
第7章 继电-接触器控制	102
7.1 常用控制电器	102
7.2 三相异步鼠笼型电动机的常用控制	107
7.2.1 鼠笼型电动机的起动控制	107
7.2.2 鼠笼型电动机的正、反转和行程控制	110
7.2.3 多台鼠笼型电动机的顺序、连锁控制	113
7.2.4 鼠笼型电动机的制动控制	115
小结	117
习题	117

第 8 章 半导体二极管及其应用	119
8.1 半导体的基础知识.....	119
8.2 半导体二极管.....	120
8.2.1 二极管的结构和类型.....	120
8.2.2 二极管的伏安特性.....	121
8.2.3 二极管的主要参数.....	121
8.2.4 二极管的等效模型.....	122
8.2.5 二极管的应用.....	123
*8.3 特殊二极管.....	126
小结.....	128
习题.....	128
第 9 章 半导体三极管及其放大电路	131
9.1 双极型晶体管.....	131
9.1.1 双极型晶体管的类型与结构.....	131
9.1.2 双极型晶体管的电流放大作用.....	132
9.1.3 双极型晶体管的特性曲线.....	134
9.1.4 双极型晶体管的主要参数.....	135
9.2 共射极放大电路.....	136
9.2.1 放大的概念及放大电路的性能指标.....	136
9.2.2 共射极放大电路的组成及工作原理.....	138
9.2.3 放大电路的静态分析.....	139
9.2.4 放大电路的动态分析.....	141
*9.3 分压式偏置静态工作点稳定电路.....	145
*9.4 单管共集电极放大电路和共基极放大电路.....	147
9.4.1 单管共集电极放大电路.....	147
9.4.2 单管共基极放大电路.....	148
9.4.3 三种组态放大电路的性能比较.....	149
9.5 场效应管及其放大电路.....	150
9.5.1 结型场效应管.....	151
9.5.2 绝缘栅场效应管.....	152
9.5.3 场效应管的主要参数.....	154
9.5.4 场效应管放大电路的静态分析.....	156
9.5.5 场效应管放大电路的动态分析.....	157
9.6 多级放大电路.....	160
*9.7 差分放大电路.....	162
9.7.1 双端输入、双端输出差分放大电路.....	162

9.7.2 双端输入、单端输出差分放大电路	164
*9.8 功率放大电路	165
9.8.1 功率放大电路概述	165
9.8.2 乙类互补对称功率放大电路	166
小结	169
习题	171
第 10 章 集成运算放大器及其应用	178
10.1 集成运算放大器简介	178
10.1.1 集成运算放大器的电路符号及特点	178
10.1.2 集成运算放大器的主要性能指标	178
10.1.3 理想运算放大器及其特点	179
10.2 放大电路中的负反馈	181
10.2.1 反馈的基本概念	181
10.2.2 反馈的类型及判断	181
10.2.3 负反馈对放大电路性能的影响	184
10.3 运算电路	185
10.3.1 比例运算电路	186
10.3.2 加法运算电路	187
10.3.3 减法运算电路	187
10.3.4 积分和微分运算电路	189
*10.4 电压比较器	190
10.4.1 单门限电压比较器	190
10.4.2 滞回电压比较器	192
10.5 RC 正弦波振荡电路	193
10.5.1 RC 正弦波振荡电路概述	193
10.5.2 RC 正弦波振荡电路	195
小结	196
习题	197
第 11 章 直流稳压电源	201
11.1 直流稳压电源的组成	201
11.2 单相桥式整流电路	201
11.3 滤波电路	203
11.3.1 电容滤波电路	203
*11.3.2 其他形式的滤波电路	205
11.4 稳压电路	205
11.4.1 稳压管稳压电路	206

*11.4.2 集成稳压器及应用	206
小结	208
习题	209
第 12 章 组合逻辑电路	211
12.1 数制与码制	212
12.1.1 常用数制	212
12.1.2 不同数制间的转换	213
12.1.3 常用编码	214
12.2 逻辑门电路	216
12.2.1 基本逻辑关系及逻辑门	216
12.2.2 复合逻辑关系及逻辑门	217
12.3 逻辑代数	218
12.3.1 基本公式和常用公式	218
12.3.2 基本定理	219
12.3.3 逻辑函数及其表示方法	220
12.3.4 逻辑函数的标准形式	221
12.3.5 逻辑函数的化简	223
*12.3.6 具有无关项的逻辑函数及其化简	226
12.4 组合逻辑电路的分析和设计	228
12.4.1 组合逻辑电路的分析	228
12.4.2 组合逻辑电路的设计	229
12.5 常用中规模组合逻辑电路	232
12.5.1 编码器	232
12.5.2 译码器	234
12.5.3 加法器	240
*12.5.4 数据选择器	242
*12.6 基于中规模集成电路的组合逻辑电路设计	244
小结	247
习题	247
第 13 章 时序逻辑电路	250
13.1 触发器	250
13.1.1 JK 触发器	250
13.1.2 D 触发器	252
13.2 时序逻辑电路	253
13.2.1 时序逻辑电路概述	253
13.2.2 时序逻辑电路的分析	254

*13.2.3 时序逻辑电路的设计·····	256
13.3 常用中规模时序逻辑电路·····	260
13.3.1 寄存器·····	260
13.3.2 计数器·····	264
13.3.3 集成计数器的应用·····	266
小结·····	273
习题·····	273
附录 基本逻辑门电路图形符号对照表·····	277
部分习题参考答案·····	279
参考文献·····	289

第1章 电路的基本概念和基本定理

本章学习目的和要求：

1. 理解电路模型及理想电路元件（电阻、电感、电容、电压源和电流源）的电压-电流关系。
2. 理解电压、电流参考方向的意义。
3. 理解并熟练掌握基尔霍夫定律。
4. 了解电功率和额定值的意义。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

人们生活在电气化、信息化的社会里，在工作和生活中广泛应用着各种电子产品和设备，这些电子产品和设备有各种各样的电路。例如，传输、分配电能的电力电路；转换、传输信息的通信电路；控制各种家用电器和生产设备的控制电路；交通运输中使用的各种信号的控制电路等。这些实际电路都是由一些电气设备和元器件按一定方式连接而成，是电流的流通过径。

电路的结构和形式多种多样，组成方式不同，功能也就不同。但从其作用来看，可以分为两大类。一类实现电能的传输和转换，典型实例是各种电力系统；另一类实现信号的传递、处理及运算，如手机、电视机电路等。

电路基本由以下三个部分组成。

(1) 电源（或信号源）：为电路提供电能的设备和元件。其特点是能够将其他形式的能量（机械能、化学能等）转换为电能。作为直流电源的有干电池、蓄电池、直流发电机等。交流电源一般由交流电网提供，其电源是由交流发电机产生的。

(2) 负载：电路中使用或消耗电能的设备和器件。其特点是将电能转换为其他形式的能量。例如，白炽灯将电能转换为光能，电动机将电能转换为机械能等。所以，白炽灯、电动机等都是电路中的负载。

(3) 中间环节：在电源和负载之间引导和控制电流的导线和开关等。导线的电阻很小，在分析和计算一般电路问题时，导线的电阻往往可以忽略不计。

图 1.1 (a) 所示电路是一个简单的实际电路，其中，干电池是电源，灯泡是负载，开关及导线构成了中间环节。

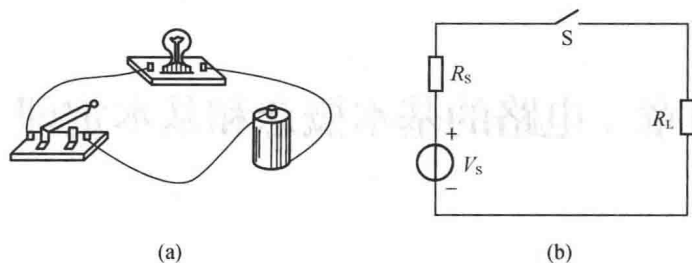


图 1.1 简单灯泡电路

电路通常有三种工作状态：通路、开路和短路。

(1) 通路：通路就是接通电路，此时电源与负载接通，电路中有电流通过，电气设备或元器件获得一定的电压和电功率，进行能量转换。接在电路中的电器设备，其工作电流和电压都有一个规定的数值，这个数值称为额定值。按照额定值使用设备可以保证安全可靠，充分发挥设备的效能，并且可以保证设备正常的使用寿命。

(2) 开路：开路就是将电路断开，因此也叫断路。此时电路中没有电流通过，负载上也没有电压，又称为空载状态。

(3) 短路：电源两端的导线直接相连接，称为被短路。此时，输出电流过大，对电源来说属于严重过载。短路是一种电路事故，在供电线路中，由于绝缘破损、设备故障或操作不当等原因，短路现象是难以避免的，如果没有保护措施，电源或电器会被烧毁或发生火灾。所以通常要在电路或电气设备中安装熔断器、熔丝等保险装置，以避免发生短路时出现不良后果。

1.1.2 电路模型

组成电路的实际电气元器件多种多样，其电磁性能的表现往往是相互交织在一起的。在研究时，为了便于分析，常常在一定条件下对实际器件加以理想化，只考虑其中起主要作用的某些电磁现象，而将次要现象忽略，或者将一些电磁现象分别表示。例如，在如图 1.1 所示电路中，小灯泡不但发热消耗电能，而且在其周围还会产生一定的磁场，但由于产生的磁场较弱，可以只考虑其消耗的电能而忽略其磁场效应；干电池不但对外部提供电能，而且其内部也有一定的电能损耗，所以在建立电路模型时，对上述性质要分别表示；而对闭合的开关和导线则只考虑其导电性能而忽略其本身的电能损耗。

理想电路元件是一种理想化的模型，每一种电路元件只表示一种电磁现象，具有某种确定的电磁性能和精确的数学定义。例如，用电阻元件来反映电路或元器件消耗电能的电磁性质；用电感元件来反映电路或元器件存储磁能的电磁性质；用电容元件来反映电路或元器件存储电场能量的电磁性质；用电源元件来反映电能量发生器的电磁性质，这样，就有了几种常用的理想电路元件，如表 1.1 所示。

表 1.1 几种常见理想电路元件

电路元件名称	电路符号	电磁性质	电路模型符号
电阻元件	R	消耗电能	
电感元件	L	储存磁场能量	
电容元件	C	储存电场能量	
电源元件	V_s 或 I_s	产生电能	 

综上所述,在一定条件下,用足以反映其主要电磁性能的一些理想电路元件或它们的组合来模拟实际电路中的元器件,从而构成与实际电路相对应的电路模型。

用理想电路元件或它们的组合模拟实际元器件就是建立其模型,简称建模。建模时必须考虑工作条件,并按不同精确度要求把给定工作情况下的主要物理现象及功能反映出来。在不同条件下,同一实际元器件可能采用不同模型。模型取得恰当,对电路的分析和计算结果就与实际情况接近,模型取得不恰当,则会造成很大误差,有时甚至导致自相矛盾的结果。

由理想元件构成的电路叫做实际电路的电路模型,也叫做实际电路的电路原理图,简称电路图。图 1.1 (b) 所示即为图 1.1 (a) 电路的电路模型。有了电路图就可方便地进行电路研究和分析。下面如果未加特别说明,所说的电路均指这样抽象的电路模型,所说的元器件均指理想电路元器件。

1.2 电路的基本物理量

电路中常用的物理量主要有电流、电压和电功率等,本节对这些物理量以及与其有关的概念进行简要说明。

1.2.1 电流

带电粒子(电子、粒子等)的定向移动形成电流,其大小等于单位时间内穿过导体横截面的电荷量,用符号 i 表示,定义为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

如果电流的大小及方向都不随时间变化,即在单位时间内通过导体横截面的电量相等,则称为直流电流,简称为直流(Direct Current),记为 DC 或 dc。直流电流常用大写字母 I 表示。

如果电流的大小及方向均随时间变化,则称为变动电流。对电路分析来说,一种最为重要的变动电流是正弦交流电流,其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化,

将其称为交流 (Alternating Current), 记为 AC 或 ac。交流电流的瞬时值用小写字母 i 或 $i(t)$ 表示。

在国际单位制 (SI) 中, 电流的单位是安培 (A), 简称安。常用的电流单位还有毫安 (mA)、微安 (μA)、千安 (kA) 等。它们与安培的换算关系为: $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$; $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$; $1\text{kA} = 10^3\text{A}$ 。

在分析电路时, 不仅要计算电流的大小, 还要知道电流的方向。习惯上将正电荷移动的方向规定为电流的实际方向。但是, 在复杂电路中, 某一段电路里电流的实际方向有时很难确定, 而且有时电流的实际方向还在不断地改变, 因此在电路中很难标明电流的实际方向。为了解决这一困难, 引入了电流的参考方向这一概念。

电流的参考方向是任意指定的方向。在电路图中, 常用箭头表示电流的参考方向。且规定当电流的参考方向和实际电流一致时, 电流 $i > 0$, 如图 1.2 (a) 所示; 当电流的参考方向和实际电流相反时, 电流 $i < 0$, 如图 1.2 (b) 所示。

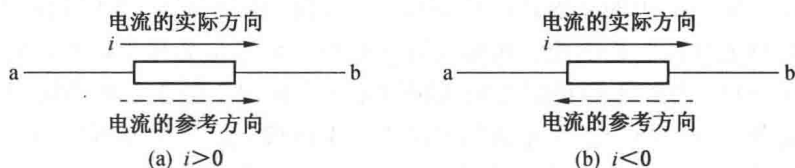


图 1.2 电流的参考方向和实际方向

参考方向也可用双下标表示, 如 i_{ab} 表示电流的参考方向是由 a 流向 b, 并且有 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

参考方向一经选定, 在电路分析和计算过程中, 不能随意更改。同时应当注意, 在未规定参考方向的情况下, 电流的正负号是没有意义的。

1.2.2 电压和电位

1. 电压

电压, 也称作电势差或电位差, 是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量, 用符号 v 表示。此概念与水位高低所造成的“水压”相似。

单位正电荷由电路的 A 点移动到 B 点所获得或失去的能量, 定义为 A、B 两点间的电压, 即

$$v = \frac{dw}{dq} \quad (1.2)$$

在国际单位制 (SI) 中, 电压的单位为伏特, 符号为 V, 常用的单位还有毫伏 (mV)、微伏 (μV)、千伏 (kV) 等。

电压的实际方向规定为从高电位指向低电位的方向, 即电位降低的方向。正电荷沿着这个方向运动, 将失去电能, 并转换成为其他形式的能量。

与电流类似, 在实际分析和计算电路问题时, 需要规定电压的参考方向。电压的参考方向也是任意指定的, 通常用三种方法表示。

(1) 用符号“+”和“-”表示假定的正负极性, 如图 1.3 (a) 所示。