

普通高等教育“十三五”规划教材

电工与电子技术

主 编 魏洪玲

副主编 林 春



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本教材是按照国家教育部高校基础教育基本要求编写的。教材在总结了非电专业电工电子技术教学经验的基础上,较全面地介绍了电工和电子技术最基本的概念、原理、计算以及工业领域中的应用。在教材的编写中,突出应用型和针对性,力求较大的信息,合理的理论深度,淡化原理分析。它凝聚了作者多年的教学经验和智慧,其概念准确、结构完整、深入浅出、通俗易懂,具有较强的针对性和操作性。

本书可作为高等院校理工类学生教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术 / 魏洪玲主编. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2017. 8
ISBN 978-7-5635-5133-0

I. ①电… II. ①魏… III. ①电工技术②电子技术 IV. ①TM②TN
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 151242 号

书 名: 电工与电子技术

著作责任者: 魏洪玲 主编

责任编辑: 满志文

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷:

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 17. 75

字 数: 442 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5133-0

定 价: 42. 50 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前言

电工与电子技术课程是一门具有悠久历史的课程,是为工科非电类专业的学生设置的一门关于电学科的综合性和导论性、实践性的必修课程。该课程主要包括四个方面的内容:电路部分,模拟电子部分,数字电子部分,变压器和电动机与控制部分。

本教材是按照国家教育部高校基础教育基本要求编写的。教材在总结了非电专业电工电子技术教学经验的基础上,较全面地介绍了电工和电子技术最基本的概念、原理、计算以及工业领域中的应用。在教材的编写中,突出应用型 and 针对性,力求较大的信息,合理的理论深度,淡化原理分析。它凝聚了作者多年的教学经验和智慧,其概念准确、结构完整、深入浅出、通俗易懂,具有较强的针对性和操作性。

本书内容分为上篇和下篇,上篇主要包括电路的基本概念和定律、线性电阻电路的分析方法、交流电路分析的基本方法、三相交流电路及其应用、电路的暂态分析、磁路与变压器、异步电动机、继电器接触器控制及可编程序控制器;下篇内容包括常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、逻辑代数与集成门电路、组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路;本书内容是作者在分析和总结以往教材和教学经验的基础上,根据电工与电子技术课程教学的基本要求,对传统教学内容进行精选,以“够用、实用”为原则编写而成的。降低了一些内容的难度,减少了一些纯理论的论述及推导,相应地增加了一些实用的内容 and 应用案例,让学生在学习理论的基础上,对实际应用有更深入的了解。

本书由魏洪玲主编,林春副主编。参加编写的人员有:黑龙江东方学院陈晨编写第1章;黑龙江东方学院尹文佳编写第3章;黑龙江东方学院邵雅斌编写第2章和第4章;黑龙江东方学院郭宇超编写第5章;黑龙江东方学院解伟编写第6章;黑龙江东方学院魏洪玲编写第7章和第8章;黑龙江东方学院胡琥编写第9章和第10章;黑龙江东方学院李强编写第11章;黑龙江东方学院林春编写第12章和第13章;黑龙江东方学院田崇瑞编写第14章和第15章。全书由黑龙江东方学院陈雷副教授主审。

由于编者能力有限,书中不妥及至错误之处,请广大读者批评指正。

编者

目 录

上篇 电工技术

第 1 章 电路的基本概念与基本定律	3
1.1 电路和电路模型	3
1.1.1 电路的作用	3
1.1.2 电路的组成	4
1.1.3 电路模型	4
1.2 电路的基本物理量及参考方向	5
1.2.1 电流	5
1.2.2 电压	5
1.2.3 电流和电压的参考方向	6
1.2.4 功率	7
1.2.5 电位	8
1.2.6 电动势	9
1.3 电阻元件和欧姆定律	9
1.3.1 电阻元件	9
1.3.2 欧姆定律	10
1.3.3 电阻的串联、并联和混联	11
1.4 有源元件	14
1.4.1 理想电源	14
1.4.2 实际电源	15
1.4.3 实际电源的等效	16
1.5 电路的工作状态	18
1.5.1 有载工作状态及额定工作状态	18
1.5.2 开路	19
1.5.3 短路	19
1.6 基尔霍夫定理	19
1.6.1 基尔霍夫电流定律	20
1.6.2 基尔霍夫电压定律	21

1.7 受控源	22
1.7.1 受控源及其种类	22
1.7.2 受控源和独立源的异同	23
1.7.3 受控源电路的计算	23
本章小结	24
习题 1	25
第 2 章 电路的基本分析方法和基本定理	29
2.1 支路电流法	29
2.1.1 定义	29
2.1.2 解题步骤	29
2.1.3 应用举例	29
2.1.4 注意事项	30
2.2 节点电压法	31
2.2.1 定义	31
2.2.2 节点电压方程和弥尔曼定理	31
2.2.3 应用举例	32
2.2.4 注意事项	33
2.3 叠加定理	34
2.3.1 定理内容	34
2.3.2 应用举例	34
2.3.3 注意事项	36
2.3.4 齐次定理	37
2.4 戴维南定理	39
2.4.1 定理内容	39
2.4.2 解题步骤	39
2.4.3 应用举例	40
2.4.4 注意事项	41
本章小结	42
习题 2	42
第 3 章 正弦交流电路	46
3.1 正弦量的三要素	46
3.2 复数及其运算	49
3.2.1 复数的 4 种形式	49
3.2.2 复数运算	50
3.3 正弦量的相量表示	51
3.3.1 相量	51
3.3.2 相量的两种形式	52
3.3.3 相量图	53

3.3.4 基尔霍夫定律的相量形式·····	54
3.4 电阻、电感和电容元件伏安关系的相量形式·····	55
3.4.1 电阻元件·····	55
3.4.2 电感元件·····	57
3.4.3 电容元件·····	60
3.5 RLC 串联电路和阻抗·····	63
3.5.1 电压与电流的关系·····	63
3.5.2 阻抗·····	64
3.5.3 电路的 3 种性质·····	65
3.5.4 阻抗串联的交流电路·····	67
3.6 RLC 并联电路和导纳·····	69
3.6.1 电压与电流的关系·····	69
3.6.2 导纳·····	70
3.6.3 导纳的并联·····	71
3.7 交流电路的功率·····	73
3.7.1 瞬时功率·····	73
3.7.2 有功功率·····	74
3.7.3 无功功率·····	74
3.7.4 视在功率·····	75
3.7.5 功率因数及提高·····	77
3.8 电路中的谐振·····	79
3.8.1 串联谐振·····	79
3.8.2 并联谐振·····	81
本章小结·····	82
习题 3·····	84
第 4 章 三相交流电路 ·····	88
4.1 三相正弦交流电源·····	88
4.1.1 三相正弦交流电动势的产生·····	88
4.1.2 三相电源的表示法·····	89
4.1.3 三相电源的特征·····	89
4.1.4 对称三相电源的联结·····	90
4.2 三相负载及对称三相电路的分析与计算·····	92
4.2.1 三相负载的联结·····	92
4.2.2 对称三相电路的计算·····	92
4.3 不对称三相电路·····	96
4.3.1 不对称三相电路的分析计算·····	96
4.3.2 不对称负载电路的注意事项·····	98
4.4 三相电路的功率·····	98
4.4.1 三相电路的瞬时功率·····	98

4.4.2 三相负载的有功功率 P 和无功功率 Q	99
本章小结	100
习题 4	101
第 5 章 线性电路的暂态分析	102
5.1 暂态过程和换路定律	102
5.1.1 暂态过程的产生及原因	102
5.1.2 换路定律	103
5.2 RC 电路暂态分析	104
5.2.1 RC 电路的零输入响应	104
5.2.2 RC 电路的零状态响应	106
5.2.3 RC 电路的全响应	107
5.3 RL 电路暂态分析	107
5.3.1 RL 电路的零输入响应	107
5.3.2 RL 电路的零状态响应	108
5.4 一阶线性电路暂态分析的三要素	109
5.4.1 一阶电路暂态分析的三要素法	109
5.4.2 响应中“三要素”的确定	109
本章小结	110
习题 5	111
第 6 章 磁路与变压器	113
6.1 磁路	113
6.1.1 铁磁材料	113
6.1.2 铁磁材料的种类	114
6.1.3 磁路的概念	115
6.1.4 磁路基本定律	116
6.2 交流铁心线圈电路	116
6.2.1 电磁关系	116
6.2.2 功率损耗	117
6.3 变压器	118
6.3.1 变压器的作用	118
6.3.2 变压器的结构	118
6.3.3 变压器的原理及作用	119
6.3.4 变压器的参数	121
6.3.5 变压器的选择	122
6.3.6 特殊变压器	122
本章小结	126
习题 6	126

第 7 章 异步电动机	127
7.1 三相异步电动机的结构及参数	127
7.1.1 三相异步电动机的结构	127
7.1.2 三相异步电动机的参数	129
7.2 三相异步电动机的工作原理	130
7.2.1 旋转磁场的产生	130
7.2.2 旋转磁场的转速和转向	131
7.2.3 转子的转动原理	132
7.3 三相异步电动机的使用	133
7.3.1 三相异步电动机的起动	133
7.3.2 三相异步电动机的调速	134
7.3.3 三相异步电动机的反转	135
7.3.4 三相异步电动机的制动	135
7.3.5 三相异步电动机的选择	136
本章小结.....	137
习题 7	137
第 8 章 继电接触器控制	138
8.1 常用电器基础元件	138
8.1.1 低压开关	138
8.1.2 熔断器	141
8.1.3 接触器	143
8.1.4 继电器	146
8.1.5 控制按钮	151
8.1.6 行程开关	152
8.1.7 接近开关	153
8.1.8 光电开关	154
8.2 机床电气控制	155
8.2.1 电气线路的基本组成	155
8.2.2 基本控制线路	156
8.2.3 车床电气控制线路	158
8.2.4 铣床电气控制	160
8.2.5 平面磨床控制	163
本章小结.....	167
习题 8	167
第 9 章 可编程序控制器	169
9.1 可编程控制概述	169
9.1.1 可编程序控制器的组成	169

9.1.2 可编程序控制器的基本工作过程	170
9.1.3 可编程序控制器与继电器控制的异同	171
9.2 可编程序控制器的特点	171
9.3 可编程序控制器的指令系统	172
9.3.1 可编程序控制器的软继电器及其编号	172
9.3.2 可编程序控制器的指令系统	173
本章小结	177
习题 9	177

下篇 电子技术

第 10 章 半导体二极管和三极管	181
10.1 半导体基础知识	181
10.1.1 本征半导体	181
10.1.2 杂质半导体	182
10.1.3 PN 结	183
10.2 半导体二极管	185
10.2.1 二极管的特性	185
10.2.2 二极管的主要参数	187
10.2.3 稳压二极管	187
10.3 半导体三极管	189
10.3.1 三极管的基本结构和主要参数	189
10.3.2 三极管的特性曲线	192
本章小结	194
习题 10	194
第 11 章 基本放大电路	198
11.1 概述	198
11.1.1 放大的概念	198
11.1.2 放大电路的性能指标	199
11.2 基本共射放大电路的组成	199
11.3 静态工作情况分析	200
11.4 动态工作情况分析	201
11.5 静态工作点与输出波形失真的关系	205
11.6 静态工作点的稳定	206
11.7 共集电极放大电路	209
11.7.1 静态分析	209
11.7.2 动态分析	209
本章小结	211
习题 11	212

第 12 章 集成运算放大电路	215
12.1 概述	215
12.1.1 集成电路	215
12.1.2 集成运算放大器及其组成	216
12.2 差动放大电路	217
12.2.1 直接耦合放大电路的特殊问题——零点漂移	217
12.2.2 差动放大器的基本电路和工作原理	217
12.2.3 输入-输出方式	219
12.3 集成运放的应用	221
12.3.1 运放的模型和主要参数	221
12.3.2 比例运算电路	223
12.3.3 加法运算电路	224
12.3.4 减法运算电路	225
12.3.5 积分运算电路	225
12.3.6 微分运算电路	225
12.4 反馈的基本概念与分类	226
12.4.1 反馈	226
12.4.2 反馈的分类	227
12.4.3 反馈的判断	228
本章小结	229
习题 12	229
第 13 章 直流稳压电源	233
13.1 直流稳压电源的组成	233
13.2 单相整流电路	234
13.2.1 单相半波整流电路	234
13.2.2 单相全波整流电路	235
13.2.3 单相桥式整流电路	236
13.3 滤波电路	237
13.3.1 电容滤波电路	237
13.3.2 电感滤波电路	239
13.3.3 LC 滤波电路	239
13.3.4 Π 型滤波电路	240
13.4 直流稳压电路	240
本章小结	241
习题 13	241

第 14 章 门电路	243
14.1 逻辑门电路	243
14.2 逻辑代数	246
14.2.1 逻辑代数基本公式和定律	246
14.2.2 逻辑函数的化简	246
14.3 集成逻辑门电路	248
14.3.1 典型 TTL 与非门电路	248
14.3.2 TTL 与非门的特性与主要参数	249
14.3.3 改进型 TTL 与非门	254
本章小结	254
习题 14	254
第 15 章 触发器	256
15.1 基本 RS 触发器	256
15.1.1 基本 RS 触发器的电路构成和逻辑符号	256
15.1.2 逻辑功能描述	256
15.1.3 集成基本 RS 触发器	258
15.2 时钟控制的触发器	259
15.2.1 RS 触发器	259
15.2.2 JK 触发器	260
15.2.3 D 触发器	262
15.2.4 T 触发器	263
15.2.5 集成 D 锁存器	264
15.3 主从触发器	265
15.3.1 逻辑电路图和逻辑符号	265
15.3.2 逻辑功能描述	266
15.4 集成边沿触发器	266
15.4.1 维持阻塞触发器	266
15.4.2 边沿触发器	267
15.4.3 集成边沿触发器举例	267
15.5 不同触发器的转换	268
15.5.1 JK 触发器转换成 D、T 触发器	269
15.5.2 D 触发器转换成 JK、T 和 T' 触发器	269
本章小结	270
习题 15	270
参考文献	272

上篇 电工技术

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

本章要点

本章主要介绍电路模型,电压、电流参考方向,电路基本物理量和计算方法,电压源和电流源,受控源等基本概念。电路的基本定律欧姆定律和基尔霍夫定律是本课程的重要内容之一,应很好掌握。

1.1 电路和电路模型

电路是电流所流经的路径。由金属导线和电气以及电子部件组成的导电回路,称为电路。直流电通过的电路称为直流电路;交流电通过的电路称为交流电路。

1.1.1 电路的作用

电路的作用是实现电能的传输和转换。根据其基本作用可以概括为两大类。

1. 电能的传送、分配和转换

如图 1-1 所示为电力系统的示意图。发电厂将自然界的一次能源通过发电动力装置(主要包括锅炉、汽轮机、发电机及电厂辅助生产系统等)转化成电能,再经输、变电系统及配电系统将电能供应到各负荷中心,通过各种设备再转换成动力、热、光等不同形式的能量。发电机是电源,是供应电能的设备;电灯、电动机、电炉等是负载,是取用电能的设备;变压器、输电线是中间环节,是连接电源和负载的部分,起传输和分配电能的作用。

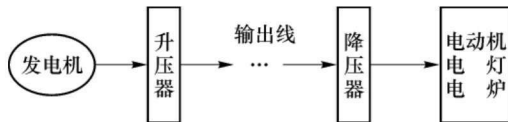


图 1-1 电力系统

2. 信号的传递和处理

如图 1-2 所示为扩音机电路,话筒把语言或音乐(通常称为信息)转换为微弱的电压和电流,它们就是电信号,经过放大器信号被放大,而后通过电路转递到扬声器,扬声器再把电信号还原为语言或音乐,信号的这种转换和放大称为信号的处理。



图 1-2 扩音机

不论电能的传输和转换,或者信号的传递和处理,其中电源或信号源的电压或电流称为激励;由于激励在电路各部分产生的电压或电流称为响应。

电路分析的主要内容是指在给定电路结构、元件参数的条件下,求取由输入(激励)所产生的输出(响应)。

1.1.2 电路的组成

从上面的电路作用不难分析出,不管是复杂还是简单的电路,其组成都可以分为电源、负载和中间环节 3 部分。

1. 电源

电源是把其他形式的能转换成电能的装置及向电路提供能量的设备,如干电池、蓄电池、发电机等。

2. 负载

负载是把电能转换成为其他能的装置,也就是用电器,即各种用电设备,如电灯、电动机、电热器等。

3. 中间环节

中间环节是传递、分配和控制电能的装置,如常用的铜导线和铝导线、开关、熔断器、继电器等。

1.1.3 电路模型

由理想元件组成的与实际电器元件相对应的电路,并用统一规定的符号表示而构成的电路,就是实际电路的模型,称为电路模型。手电筒的实际电路和理想电路模型如图 1-3 所示。其中,理想电路元件是指忽略实际元件的次要物理性质,反映其主要物理性质,把实际元件理想化。常用的理想元件有:①产生电能元件,如电压源和电流源;②耗能元件,如电阻;③储能元件;如电容和电感。其模型电路如图 1-4 所示。

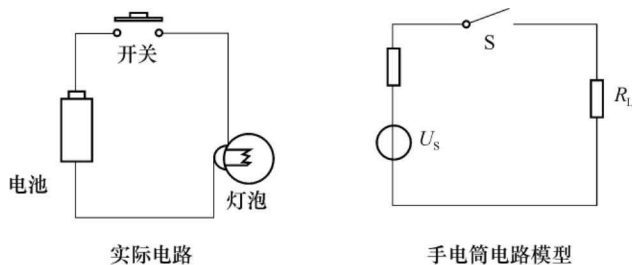


图 1-3 手电筒的实际电路和电路模型

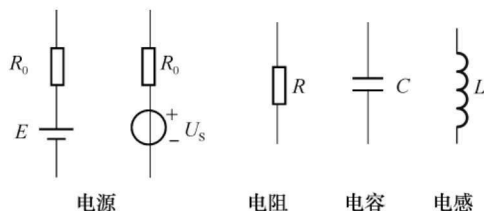


图 1-4 理想电路元件

1.2 电路的基本物理量及参考方向

电路的基本物理量是电流、电压和功率,下面分别介绍电路基本物理量的概念、定义及有关表达式,重点介绍电流和电压的参考方向、功率的计算问题。

1.2.1 电流

1. 定义

电荷或带电粒子有规则地定向运动形成电流。电流在数值上等于单位时间内通过某导体横截面的电荷量。用符号 I 或 i 表示。

公式表示为

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{或} \quad i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中, Q 和 q 表示电荷量, t 表示时间。在直流电路中,电流是不随时间而变化的,即大小和方向均不随时间而变化,直流电路电流用大写 I 表示;而在交流电路中,电流的大小和方向均随时间而变化,交流电路电流用小写 i 表示。

2. 单位和测量

电流的单位是安培(A),简称安。在实际生产中要表示较小的电流,如晶体管电路中的电流,常用毫安(mA)和微安(μA),要表示较大的电流,如电力系统中的电流,常用千安(kA)。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}, 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

电流通常采用电流表测量,也可以用万用表的电流挡测量。测量时,电流表应串联在电路中,直流电流表有正负端子。正负接线柱的接法正确的是:电流从正接线柱流入,从负接线柱流出。

1.2.2 电压

1. 定义

电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功称为 a 、 b 两点之间的电压。用符号 U 或 u 表示。

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad \text{或} \quad u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1-2)$$

式中, Q 和 q 表示电荷量; W_{ab} 和 w_{ab} 表示电场力做的功; t 表示时间。直流电路电压用大写 U 表示, 交流电路电压用小写 u 表示。

2. 单位和测量

电压的单位是伏特(V), 简称伏。在实际生产中要表示较小的电压常用毫伏(mV)和微伏(μ V), 要表示较大的电压用千伏(kV)。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}, 1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}, 1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$$

电流通常采用电压表测量, 也可以用万用表的电压挡测量。测量时, 电压表应并联在电路中, 直流电压表有正负端子。

1.2.3 电流和电压的参考方向

1. 实际方向

习惯上规定电流的实际方向是正电荷运动的方向, 电压的方向是高电位点指向低电位点的方向, 电动势的方向是在电源内部, 低电位点指向高电位点的方向。

2. 参考方向

以电流为例, 在复杂直流电路中, 某一段电路里的电流真实方向很难预先确定, 在交流电路中, 电流的大小和方向都是随时间变化的。这时, 为了分析和计算电路的需要, 引入了电流参考方向的概念, 参考方向又称假定正方向, 简称正方向。

所谓正方向, 就是在一段电路里, 在电流两种可能的真实方向中, 任意选择一个作为参考方向(即假定正方向)。如图 1-5 所示, 当实际的电流方向与假定的正方向相同时, 电流是正值; 当实际的电流方向与假定正方向相反时, 电流就是负值。

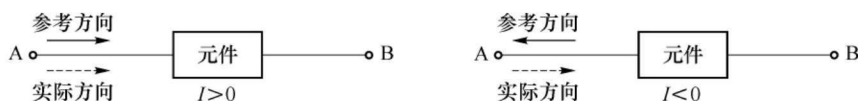


图 1-5 电流的参考方向与实际方向

如图 1-6 所示, 电流的正方向常用箭头或双下标表示。用 I_{AB} 表示其参考方向为由 A 指向 B, 用 I_{BA} 表示其参考方向为由 B 指向 A。显然, 两者相差一个负号, 即

$$I_{AB} = -I_{BA}$$

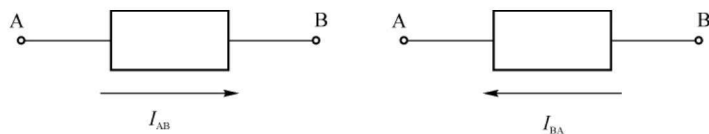


图 1-6 电流的参考方向表示

与电流类似, 在电路分析中也要规定电压的参考方向, 通常用 3 种方式表示:

(1) 采用正(+)、负(-)极性表示, 称为参考极性, 如图 1-7(a)所示。这时, 从正极性端指向负极性端的方向就是电压的参考方向。

(2) 采用实线箭头表示, 如图 1-7(b)所示。

(3) 采用双下标表示, 如 U_{AB} 表示电压的参考方向由 A 指向 B。