

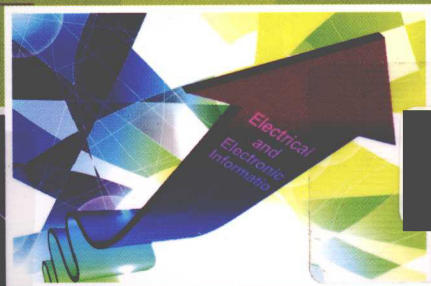


普通高等教育“十二五”规划教材

◎ 电气与电子信息类基础课程 规划教材

电工电子技术基础

◎ 刘继承 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材
电气与电子信息类基础课程规划教材

电工电子技术基础

刘继承 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书分为“电工技术”和“电子技术”上下两篇,内容涵盖直流电路、交流电路、磁路与变压器、电动机及控制电路、模拟电路和数字电路、可编程控制器等。本书立足于培养应用型人才,突出应用性和任务性。在讲授理论知识的同时,注重基于工作过程的工程应用能力的传授,在每一章都编写了“案例分析”一节,并在习题中设置了与之相关的题目,题目重点放在实操技能的训练上,培养学生分析和解决实际问题的能力。本书遵循循序渐进的原则,由基础理论到技术应用,由浅入深,深入浅出,并配有免费电子教学课件。

本书可作为普通高等院校应用型本科非电类、高等职业教育电类各专业的教学用书,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 刘继承主编. —北京:电子工业出版社, 2011. 4

普通高等教育“十二五”规划教材·电气与电子信息类基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-12991-9

I. ①电… II. ①刘… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 028156 号

策划编辑:段丹辉

责任编辑:段丹辉 特约编辑:龙继文

印 刷:北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:18.5 字数:547 千字

印 次:2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

近年来,应用型大学毕业生备受用人单位青睐,发展应用型教育是解决经济社会发展的有效途径。有专家称:中国经济目前仍然是短缺经济,其中最大的短缺就是教育短缺,而现阶段中国作为世界上最大的制造业大国,最短缺的就是职业教育。职业教育脱离实际,体制不甚合理,教材编写无法满足需要是重要原因之一。

长期以来,作者积极探索应用型大学的办学定位,根据应用型教学需要编写的《电工与电子技术基础》内部讲义,经多届教学实践并不断更新完善,目前已比较成熟。该讲义与目前已出版的同类教材相比较,在学科交叉、综合性、应用性等方面有创新。在此基础上抽调在该课程教学方面有多年教学经验的业务骨干,共同编写了这本教材。教材不仅讲解了学科必备的基础理论和专业知识,还撰写了基于工作过程的专业应用领域相关内容,将应用技术转化为应用价值的基本能力和基本技能。目的是使读者不仅掌握所需的基础理论,而且拓宽读者的视野。本书涵盖了电路基础、模拟电路、数字电路、磁路和变压器、电机及控制等多方面的内容。为适应当前电工电子技术的发展,在保证基本概念、基本原理和基本方法讲述清晰的基础上,加大了实践性、应用性的内容比重,加强学生的工程实践能力、工程设计能力的培养。本书具有如下特点:

(1) 本教材在讲完各章知识之后编写了“案例分析”一节,在这一节中安排了“综合性、应用性学习任务”,所介绍的电路源于本学科面向的职业工作过程,目的是构建相关领域的学习环境,体现理论与应用相结合,具有职业特色,符合应用型人才的培养目标和要求。

(2) 教材内容与当今企业从事的生产活动和一线使用的仪器、设备和元器件密切相关。因此教材中所介绍的元器件、机电设备和仪器仪表均是比较新的、使用最为普遍的。

(3) 理论讲解着重基本概念、基本物理过程及基本公式的应用;有关定理、定律重在结论及适用范围;加强对知识模块应用电路的分析、设计、调试方法讲解,充分体现基础理论服务于应用技术、强调理论应用于实践的特色。

(4) 例题、习题、思考题等题量适中。有些题目是作者在实际工作中遇到的实际问题的提炼,很有实际意义和应用价值。有些题目则具有很强的趣味性、启发性,能激发学生的求知欲。

本书主要由刘继承、路松行、王龙义、杨泽晖、吴雪琴编写。张晓莉、张兆莉、肖琳、陈景霞、路铭也参加了本书的部分编写工作。全书由刘继承统稿。

本书适用于普通高等院校工科非电类各专业应用型本科学生使用,也可用于高职高专、职大、夜大、函大等各类学校的电类各专业学生使用,还可供从事电工电子技术工作的工程技术人员学习参考。

本书配有免费电子教学课件,可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费下载。由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编者
2011年2月

目 录

上篇 电工技术

第 1 章 直流电路	2
1.1 电路的概念	2
1.2 电路中的基本物理量	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 电位、电压和电动势	3
1.2.3 电功和电功率	4
1.3 电阻元件与电源元件	4
1.3.1 电阻元件	4
1.3.2 电源元件	5
1.4 基尔霍夫定律	7
1.4.1 基尔霍夫电流定律	8
1.4.2 基尔霍夫电压定律	8
1.5 电路的简化和等效变换	9
1.5.1 电阻电路的星形与三角形等效变换	9
1.5.2 电压源与电流源的简化和等效变换	11
1.6 电路分析的方法和定理	13
1.6.1 支路电流法	13
1.6.2 网孔电流法	14
1.6.3 节点电位法	15
1.6.4 等效电源定理	17
1.7 线性网络的基本性质	19
1.7.1 比例性	19
1.7.2 叠加性	19
1.7.3 对偶性	20
1.8 案例分析——500 型万用表电路	21
1.8.1 电路组成与原理	21
1.8.2 使用注意事项	21
本章小结	22
习题 1	23
第 2 章 一阶动态电路分析	27
2.1 引言	27
2.1.1 动态电路	27
2.1.2 零输入、零状态和全响应	27
2.2 电容与电感	28
2.2.1 电容	28
2.2.2 电感	29

2.3	电路初始值的计算	30
2.3.1	换路定则	30
2.3.2	初始值的计算	30
2.4	一阶电路分析	31
2.4.1	一阶电路分析	31
2.4.2	一阶电路的三要素求解法	31
2.4.3	一阶电路响应的分析	32
2.5	案例分析——日光电子灯镇流器	35
2.5.1	电路组成与原理	35
2.5.2	元件技术参数和规格	35
	本章小结	36
	习题2	36
第3章	正弦交流电路	38
3.1	正弦交流电的基本概念	38
3.1.1	引言	38
3.1.2	正弦交流电的三要素	38
3.2	正弦量的相量表示法	40
3.3	正弦交流电路中的元件	42
3.3.1	电阻元件	42
3.3.2	电感元件	42
3.3.3	电容元件	43
3.4	正弦稳态电路分析	44
3.4.1	基尔霍夫定律的相量式	44
3.4.2	欧姆定律的相量式	45
3.5	简单交流电路的计算	48
3.5.1	阻抗串联电路的计算	48
3.5.2	阻抗并联电路的计算	49
3.5.3	阻抗串并联电路的计算	50
3.6	交流电路的功率	51
3.6.1	基本元件的功率	51
3.6.2	二端网络的功率和功率因数	53
3.6.3	复功率	55
3.6.4	正弦稳态电路的功率传输	55
3.7	正弦电路中的谐振	57
3.7.1	串联电路的谐振	57
3.7.2	并联电路的谐振	58
3.8	三相交流电路	58
3.8.1	三相交流电的产生	58
3.8.2	三相电源的连接	59
3.8.3	三相电路的计算	61
3.8.4	三相电路的功率	64
3.8.5	安全用电知识	65
3.9	案例分析——75kW 电动机起动配电柜电路	67
3.9.1	电路组成	67

3.9.2 电路工作原理	68
本章小结	68
习题 3	70
第 4 章 磁路与变压器	74
4.1 磁路的基本概念	74
4.1.1 磁场的基本物理量	74
4.1.2 磁性材料及其磁性能	74
4.2 磁路计算的基本定律	76
4.3 交流铁心线圈电路	79
4.3.1 电磁关系	79
4.3.2 感应电动势与磁通的关系	79
4.3.3 电势平衡方程式	80
4.3.4 铁心线圈的功率损耗	80
4.3.5 交流铁心线圈的等效电路	80
4.4 变压器	81
4.4.1 变压器的类别	81
4.4.2 变压器的结构	81
4.4.3 变压器的工作原理	82
4.4.4 变压器的外特性和电压变化率	84
4.4.5 变压器的损耗和效率	85
4.4.6 变压器的同名端和绕组的连接	85
4.5 三相变压器简介	86
4.6 特殊变压器	87
4.7 案例分析——晶闸管过电流自动保护调压电路	88
4.7.1 电路组成与原理	88
4.7.2 元件技术参数和规格	89
本章小结	90
习题 4	90
第 5 章 异步电动机及控制电路	92
5.1 三相异步电动机的结构和工作原理	92
5.1.1 三相异步电动机的结构	92
5.1.2 三相异步电动机的工作原理	94
5.2 三相异步电动机的电磁转矩及机械特性	97
5.2.1 三相异步电动机的电磁转矩	97
5.2.2 三相异步电动机的机械特性	98
5.3 三相异步电动机的铭牌	100
5.4 三相异步电动机的起动、调速和制动	102
5.4.1 三相异步电动机的起动	102
5.4.2 三相异步电动机的调速	105
5.4.3 三相异步电动机的制动	107
5.5 单相异步电动机	109
5.5.1 单相异步电动机的基本结构和工作原理	109
5.5.2 单相异步电动机的起动方法及基本类型	110

5.5.3 单相异步电动机的应用	111
5.6 常用低压电器	112
5.6.1 非自动切换电器	112
5.6.2 自动切换电器	115
5.7 电动机的控制系统	118
5.7.1 三相异步电动机的正转控制电路	119
5.7.2 三相异步电动机的正反转控制电路	121
5.7.3 位置控制与自动往返行程控制	123
5.7.4 顺序和多地控制	125
5.8 案例分析——大型水塔供水自动控制装置	127
5.8.1 电路组成及工作原理	127
5.8.2 主要元件技术参数与规格	127
本章小结	128
习题 5	129

下篇 电子技术

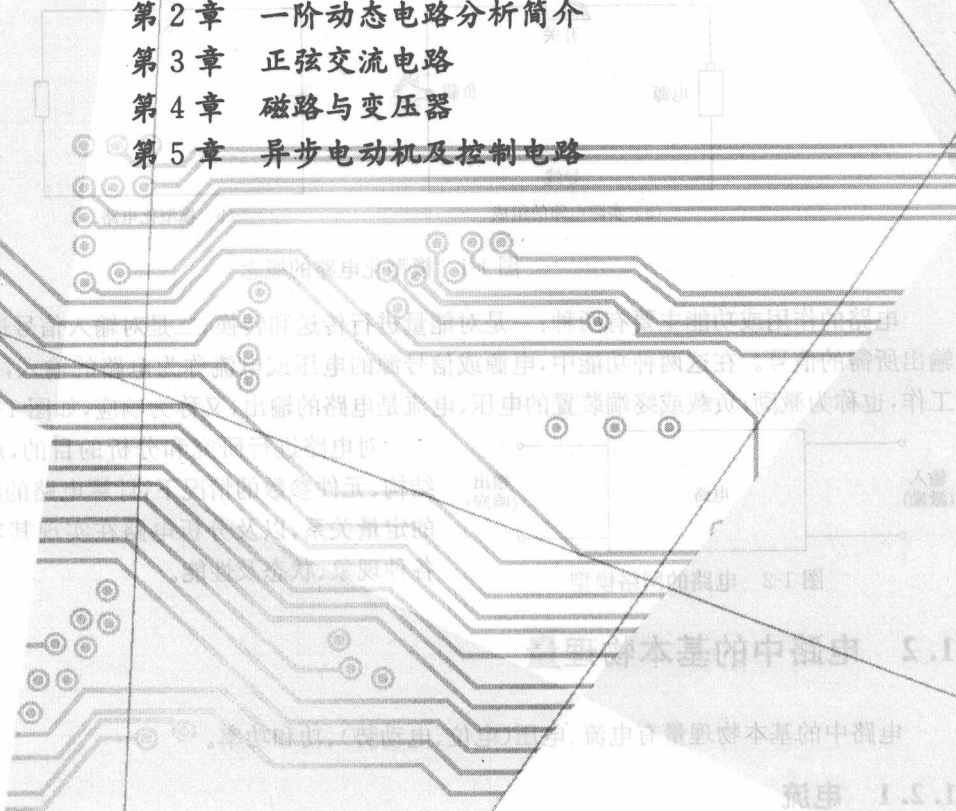
第 6 章 半导体二极管及其应用	132
6.1 PN 结及其单向导电性	132
6.1.1 PN 结的形成	132
6.1.2 PN 结的单向导电性	134
6.2 半导体二极管	135
6.2.1 二极管的结构和符号	135
6.2.2 二极管的伏安特性及主要参数	135
6.2.3 特殊二极管	136
6.3 二极管的应用举例	138
6.3.1 二极管限幅电路	138
6.3.2 二极管整流电路	138
6.3.3 二极管保护电路	142
6.4 案例分析——多功能自动充电器	142
6.4.1 电路组成与工作原理	143
6.4.2 元件技术参数和规格	143
本章小结	144
习题 6	144
第 7 章 三极管及三极管放大电路	147
7.1 晶体三极管	147
7.1.1 晶体三极管的结构和符号	147
7.1.2 三极管的电流放大作用	147
7.1.3 特性曲线及主要参数	149
7.2 MOS 场效应晶体管	151
7.2.1 MOS 场效应晶体管基本结构	152
7.2.2 电压电流关系与主要参数	152
7.2.3 其他场效应晶体管简介	154
7.3 三极管放大电路	154

7.3.1	基本放大电路	155
7.3.2	场效晶体管放大电路的特点	158
7.3.3	其他放大电路和多级放大电路	160
7.4	案例分析——低频功率放大器	164
7.4.1	电路组成与原理	164
7.4.2	元件技术参数和规格	165
	本章小结	166
	习题7	166
第8章	集成运算放大器及其应用	169
8.1	集成运算放大器简介	169
8.1.1	运算放大器的性能特点	169
8.1.2	理想运算放大器	170
8.2	负反馈的概念	171
8.2.1	放大电路中的负反馈判断	171
8.2.2	负反馈对电路性能的影响	172
8.3	信号运算电路	174
8.3.1	比例运算电路	174
8.3.2	求和运算电路	177
8.3.3	积分、微分运算电路	179
8.4	电压比较器	182
8.4.1	单门限电压比较器	183
8.4.2	双门限电压比较器	185
8.5	RC正弦信号发生器	186
8.5.1	正弦波振荡器振荡条件	186
8.5.2	RC正弦波振荡器电路及工作原理	187
8.6	直流稳压电源	189
8.6.1	串联型直流稳压电路	189
8.6.2	三端集成稳压器	190
8.7	集成运放在算术运算电路应用中需注意的问题	192
8.7.1	选择和熟悉组件	192
8.7.2	改善运算放大器性能的方法	193
8.7.3	保护措施	194
8.8	案例分析——温度监测控制电路	195
8.8.1	电路组成	195
8.8.2	工作原理	195
	本章小结	196
	习题8	197
第9章	门电路和组合逻辑电路	201
9.1	门电路	201
9.1.1	分立元件门电路	201
9.1.2	TTL集成门电路	206
9.2	逻辑代数	208
9.3	组合逻辑电路的分析和设计	210

9.3.1	组合逻辑电路的分析	210
9.3.2	组合逻辑电路的设计	211
9.4	加法器与数值比较器	213
9.4.1	加法器	213
9.4.2	数值比较器	215
9.5	编码器和译码器	217
9.5.1	编码器	217
9.5.2	译码器	220
9.6	数据选择器和数据分配器	223
9.6.1	数据选择器	223
9.6.2	数据分配器	224
9.7	案例分析——报警电路	226
9.7.1	电路结构与原理	226
9.7.2	元件技术参数和规格	227
	本章小结	228
	习题 9	228
第 10 章	触发器和时序逻辑电路	230
10.1	触发器	230
10.1.1	R-S 触发器	230
10.1.2	主从 J-K 触发器	233
10.1.3	D 触发器	234
10.1.4	T 触发器和 T' 触发器	235
10.2	寄存器	235
10.2.1	数码寄存器	236
10.2.2	移位寄存器	237
10.3	计数器	239
10.3.1	二进制加法计数器	239
10.3.2	十进制计数器	242
10.4	案例分析——定时器	244
10.4.1	电路结构与原理	244
10.4.2	元件技术参数与规格	245
	本章小结	245
	习题 10	246
第 11 章	可编程序控制器	248
11.1	PLC 的结构和工作方式	248
11.1.1	PLC 的硬件结构	248
11.1.2	PLC 的程序设计语言	249
11.1.3	PLC 的工作方式	251
11.1.4	PLC 的特点、应用领域和发展趋势	252
11.2	PLC 的分类与性能	254
11.2.1	松下公司的 FP1 系列	254
11.2.2	OMRON 公司的 CPM1A 系列	258
11.2.3	三菱公司的 FX 系列	260

11.3 程序编制	264
11.3.1 基本顺序指令	264
11.3.2 基本功能指令	268
11.3.3 基本控制指令	271
11.3.4 常用高级指令	274
11.3.5 编程方法	276
11.3.6 实用程序举例	278
11.4 案例分析——PLC 控制代替继电器控制双面单工位液压传动组合机床的电路	280
11.4.1 电路组成	280
11.4.2 工作原理	280
本章小结	281
习题 11	282
参考文献	284

第1章	直流电路
第2章	一阶动态电路分析简介
第3章	正弦交流电路
第4章	磁路与变压器
第5章	异步电动机及控制电路



第1章 直流电路

1.1 电路的概念

电路即电流流通的路径。在讨论电路的普遍规律或复杂的电路时,常把电路称为网络。网络可以说是电路的泛称,它具有更为广泛和普遍的意义。

实际电路由实际电路元件组成。图 1-1(a)所示为一简单的实际电路模型,它由电源、负载(用电设备)、连接导线和控制设备等部分组成。由于实际电路元件性能往往比较复杂,为了分析和计算方便,通常采用模型化的方法来表示实际电路元件。所谓模型化,就是突出实际电路元件的主要电磁特性,忽略其次要因素,用完全理想化的模型近似地反映实际元件的主要特性。图 1-1(b)即为图 1-1(a)的模型化电路。

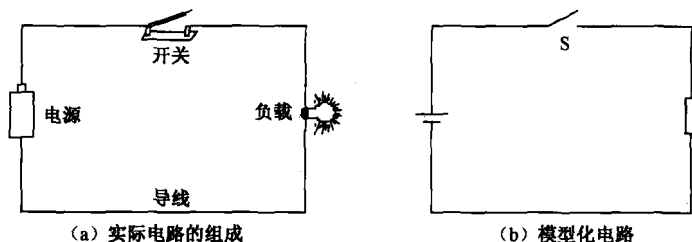


图 1-1 模型化电路的概念

电路的作用或功能主要有两种:一是对能量进行传送和转换;二是对输入信号进行传递和处理,输出所需的信号。在这两种功能中,电源或信号源的电压或电流称为电路的输入,作用是推动电路工作,也称为激励;负载或终端装置的电压、电流是电路的输出,又称为响应,如图 1-2 所示。

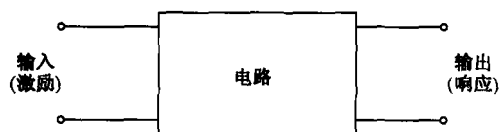


图 1-2 电路的网络模型

对电路进行研究和分析的目的,就是在已知电路结构、元件参数的情况下,计算电路的激励与响应之间的定量关系,以及分析电路在实现其功能的过程中的各种现象、状态及性能。

1.2 电路中的基本物理量

电路中的基本物理量有电流、电压(电位、电动势)、功和功率。

1.2.1 电流

1. 定义

金属导体内部的自由电子在电场力的作用下做有规则的定向运动,就形成了电流。电流的大小用电流强度表示,定义为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式(1-1)的物理意义是单位时间内通过导体横截面的电荷量,其中 i 表示电流强度,单位是安培(A),

简称安; dq 为微小电量, 单位是库仑(C); dt 为微小的时间间隔, 单位是秒(s)。

2. 方向

在物理学中, 规定正电荷运动的方向(或负电荷运动的反方向)为电流的实际方向(或真实方向)。在复杂电路中, 电流的实际方向往往难以判断, 但为了分析问题方便, 常引入参考方向的概念, 即我们可以任意选择一个方向作为参考方向, 当实际的电流方向与参考方向相同时, 此电流值定义为正值, 相反时, 定义为负值。如图 1-3 所示, 图中电流的实际方向由 a 指向 b, 箭头方向为电流的参考方向。



图 1-3 电流的参考方向

参考方向又称为假定正方向, 简称正方向。在正方向选定之前, 讨论电流的正负是没有意义的。

1.2.2 电位、电压和电动势

1. 电位

电路从本质上讲是一个有限范围的电场, 在电路内的电场中, 每一个电荷 q 都具有一定的电位能 W (又称为电势能)。用物理量 v 来表征电场中任一点的特征, 称为电位, 它定义为

$$v = \frac{dW}{dq} \quad (1-2)$$

v 在数值上等于单位正电荷在电场中某一点所具有的电位能, 也可理解为电场力将单位正电荷从该点沿任意路径移到参考点所做的功。 v 的单位为伏特(V), 简称伏。 dW 表示电场力把 dq 从一点移到另一点所做的功, 单位为焦耳(J)。

注意, 电位是一个相对的物理量, 它的大小和极性与所选取的参考点有关。参考点的选取是任意的, 但通常规定参考点的电位为零, 故参考点又称为零电位点(习惯上取大地为零电位点, 用符号“ $\perp$ ”表示)。

电位虽是对某一点而言的, 但实质上还是指两点间的电位差。参考点一经选定, 该电路中各点的电位也就唯一确定了。不指定参考点, 讨论电位就没有意义。电位在物理学中称为电势。

2. 电压

电路中任意两点的电位差称为电压, 它是衡量电场力做功的物理量。电压用 u 来表征, 在数值上, 电压等于单位正电荷在电场力的作用下, 从电场中的一点移到另一点电场力所做的功。

电压有实际方向和参考方向之分。实际方向是指在电场力作用下, 正电荷移动的方向。实际方向定义为从高电位指向低电位的方向, 即电位降低的方向。参考方向的选取具有任意性, 在实际分析电路时, 若难以判断电压的实际方向, 可任意选取一端为高电位, 另一端为低电位, 这样由假定的高电位指向低电位的方向, 即为电压的正方向(参考正方向)。

当电压的实际方向与正方向一致时, 电压为正值, 否则为负值。若没有标明电压的正方向, 谈论电压的正负是没有意义的。

电压的正方向有三种表示方式:

(1) 用箭头指向表示, 由假定的高电位到低电位;

(2) 用符号“+”和“-”表示假定的正负极性;

(3) 用双下标的表示法, 如图 1-4 中的 U_{ab} , 它的前一个下标表示起点(即 a 点), 后一个下标表示终点(即 b 点)。

这三种方法通用, 实际使用时可任选其中一种。

3. 电动势

电动势是度量电源内非静电力(化学力、电磁力等)做功能力的物理量,在数值上等于非静电力把单位正电荷从电源负极移到正极所做的功。其实际方向为电位能升高的方向,即由低电位指向高电位的方向,故电动势和电压的实际方向相反。由上述分析可知,电流、电压和电动势的实际方向均为正电荷运动方向。

电动势的符号用 E 来表示,其单位和电位、电压的单位一样,都为伏特(V)。

通常用图 1-5(a)所示的符号表示电池,用图 1-5(b)所示的符号表示一般电压源或信号源,在实际使用中,不用画出 E 、 U 的方向,只需在用符号上标出正、负极来表示假定正方向。

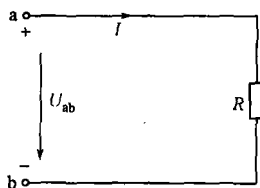


图 1-4 电压参考方向的三种表示法

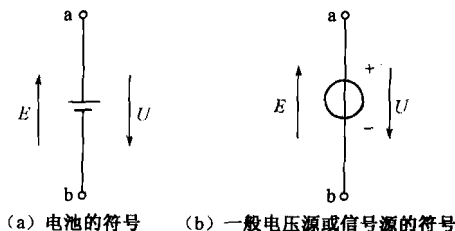


图 1-5 电源的符号

1.2.3 电功和电功率

电量 Q 在电场力作用下从一点移到另一点,电场力所做的功即为电功,用大写字母 W 表示。单位时间里电场力所做的功称为电功率,简称功率,用小写字母 p 表示,即

$$p = \frac{dW}{dt} \quad (1-3)$$

由式(1-3)和式(1-2)可得

$$p = ui \quad (1-4)$$

式中,小写字母 u 和 i 表示任一时刻电压和电流的瞬时值,大写 U 和 I 表示直流电压和直流电流的平均值。当 $p > 0$,即 $u > 0, i > 0$ 时,表示电流由实际的高电位端流向低电位端,该段电路吸收电功率,为一负载;当 $p < 0$,即 $u > 0, i < 0$,或 $u < 0, i > 0$ 时,表示电流由实际的低电位端流向高电位端,该段电路放出电功率,为一电源。

在国际单位制中,功率的单位是瓦特(W)。通常说的一度电就是 1 千瓦小时,即

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kWh} = 1000 \times 3600 \text{ J} \quad (1-5)$$

1.3 电阻元件与电源元件

1.3.1 电阻元件

1. 线性电阻器

导体对电子运动呈现的阻力称为电阻,对电流呈现阻力的元件称为电阻器,它的主要特征用伏安特性来表示。换句话说,一个二端元件,在任一瞬间 t 的电压 $u(t)$ 和电流 $i(t)$ 之间的关系若能用 $u-i$ 平面(或 $i-u$ 平面)上的一条曲线来确定,则此二端元件就称为电阻器,这条曲线称为电阻器的伏安特性,如图 1-6 所示。

如果伏安特性曲线是通过原点的直线,则表明电阻器的电压和电流成正比,我们称这种电阻器

为线性电阻元件,其伏安特性的斜率的倒数用 R 表示,称为电阻,单位为欧姆(Ω),即

$$R = \frac{1}{G} = \frac{u}{i} = \text{常数} \quad (1-6)$$

式(1-6)是欧姆定律的表达式,该定律可表述为:线性电阻中的电流与其上所加的电压成正比。式中的 G 为电导,单位为西门子(S)。电阻和电导是描述电阻元件特征的两参数,它们互为倒数。

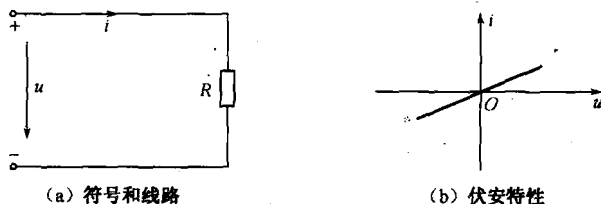


图 1-6 电阻器及其伏安特性

2. 线性电阻元件的基本特征

线性电阻元件的基本特征如下。

(1) 线性电阻元件的电压和电流成正比,曲线都为过原点的直线,且其所加的电压(激励)与其中通过的电流(响应)具有相同的波形。

(2) 线性电阻元件对不同方向的电流或不同极性的电压表现出的伏安特性对称于坐标原点,即所有线性元件都具有双向特性,该元件称为双向元件,它的两个端子无须加标志区分,可按任意方式接到电路中。

需要说明的是,纯粹的线性电阻是不存在的,在一定条件下,只要电阻值变化很小,在其考虑问题的范围内允许忽略,我们就可把这种电阻作为线性电阻处理,以使问题简单化。

3. 非线性电阻元件及其特征

一个电阻元件,如果它的特性曲线在 $u-i$ 平面上不是通过原点的直线,就称该电阻元件为非线性电阻,它的主要特征如下。

(1) 非线性电阻的电压与电流不成正比,因而其伏安特性不符合欧姆定律。

(2) 大多数非线性电阻的伏安特性对坐标原点是而非对称的,所以一般都不具有双向特性。它在正反两个方向连接下,呈现出的性能差别很大,因此必须注明两个端子的正负极性,才能正确使用。

(3) 分析含有非线性元件的非线性电路,一般要用图解法。半导体二极管和三极管都是非线性元件,它们的伏安特性将在后面的章节中详尽分析,本章主要讨论线性电阻电路。

1.3.2 电源元件

电源元件有两种形式,即电压源和电流源,下面分别加以介绍。

1. 电压源

电压源分为两大类。

(1) 直流电压源——端电压方向不随时间变化的电源,如干电池、蓄电池、稳压电源等。

(2) 交流电压源——端电压方向随时间变化的电源,如发电厂提供的正弦交流电。

本节仅研究直流电压源,有关交流电压源的内容将在交流电路中讲解。

在理想状态下,直流电压源的内阻等于零,因而它的端电压不随流过它的电流而改变。换句话说,无论负载如何变化,它对外电路都提供一个恒定的电压,这种电压源称为理想电压源,简称恒压源。它具有以下两个主要特征。

- (1) 它的输出电压始终恒定,不受输出电流影响。
 (2) 通过它的电流不由它本身决定,而取决于与之相连的外电路的负载的大小。
 恒压源的符号、线路和伏安特性如图 1-7 所示。

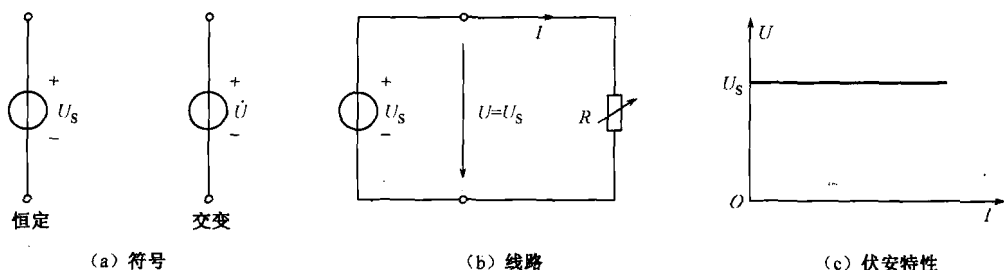


图 1-7 恒压源

需要注意的是,由于实际电源的功率有限,而且存在内阻,故恒压源是不存在的,它只是理想化模型,只有理论上的意义,但利用恒压源的概念可以简化电路的分析。

实际的电压源简称电压源,它的符号、线路和伏安特性如图 1-8 所示。

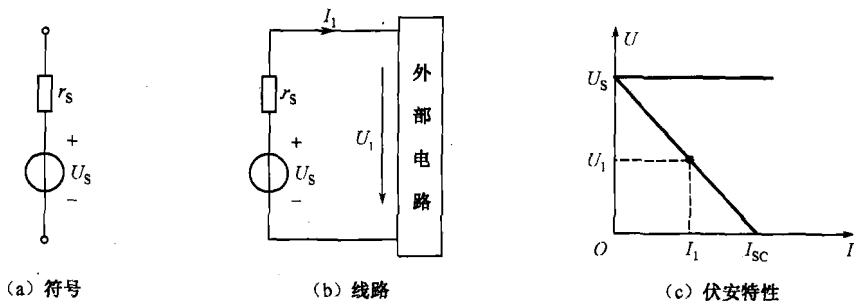


图 1-8 电压源

图 1-8 中的 U_s 为电压源的端电压, r_s 为内阻, U_1 为外电路的端电压, I_1 为输出电流。它们之间的关系为

$$U_1 = U_s - I_1 r_s \quad (1-7)$$

当 $I=0$ 时, $U=U_s$, 这种电路状态称为开路, 这时的电压称为开路电压。

当 $U=0$ 时, $I=U_s/r_s$, 这种电路状态称为短路, 这时的电流称为短路电流, 用 I_{sc} 表示。

2. 电流源

电流源是另一种形式的电源, 它向外电路提供电流。若它提供的电流不随时间变化, 则称为直流电流源, 否则称为交流电流源。本节仅讨论直流电流源。

不论外电路的负载大小, 始终向外电路提供恒定电流的电流源, 称为理想电流源, 简称恒流源。恒流源具有以下两个主要性质。

- (1) 它的输出电流始终恒定, 与外部电路的负载大小无关, 且不受输出电压的影响。
 (2) 恒流源的端电压是由与之相连的外电路的电阻的大小确定的。电阻值改变, 恒流源的端电压随之改变。

恒流源的符号、线路和伏安特性如图 1-9 所示。

恒流源也是理想化模型, 现实中并不存在。实际的恒流源一定有内阻, 且功率总是有限的, 因而产生的电流不可能完全输出给外电路。实际的电流源简称为电流源, 如图 1-10 所示。

图中的 r_s 表示电流源的内阻, U 表示电流源的端电压, R 表示外部电路的负载, I 表示电流源输