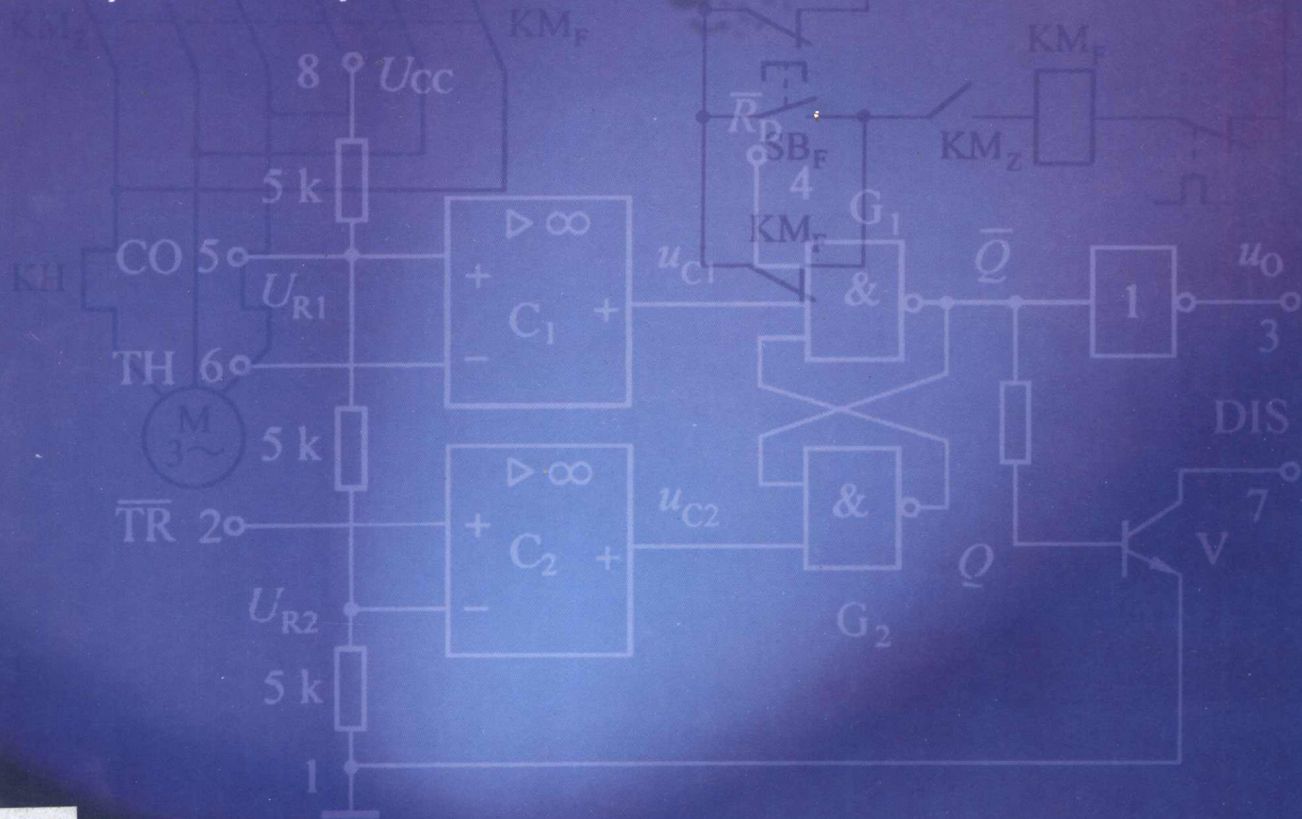


电工与电子技术

DIANGONG YU
DIANZI JISHU

徐秀平 项华珍 编

● 华南理工大学出版社



7-17
TM-43

X766

电工与电子技术

徐秀平 项华珍 编

华南理工大学出版社

· 广 州 ·

内 容 简 介

本书是根据教育部颁发的高等工业学校“电工技术”和“电子技术”两门课程的教学基本要求编写的。为了适应不同专业、不同学时需求，精简了电工技术部分，加强了电子技术的内容。全书分为上、下两编，上编为电工技术，内容包括电路基础、变压器、电机及继电控制，下编为电子技术，内容包括模拟电子技术、数字电子技术、数模转换及半导体存储器。

本书可作为高等学校非电类专业的教材，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术/徐秀平, 项华珍编. —广州: 华南理工大学出版社, 2002.9
ISBN 7-5623-1867-0

I. 电… II. ①徐… ②项… III. ①电工技术 ②电子技术 IV. TM-33

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn http://www2.scut.edu.cn/press

责任编辑: 詹志青

印刷者: 江门市新华印刷厂

开本: 787×1092 1/16 印张: 20 字数: 500 千

版次: 2002 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1~3 000 册

定 价: 30.00 元

版权所有 盗版必究

目 录

上编 电工技术

1 直流电路	3
1.1 电路的概念及基本电量的正方向	3
1.1.1 电路与电路模型	3
1.1.2 电路中基本电量的实际方向及其正方向	4
1.2 电路的基本定律	6
1.2.1 欧姆定律	6
1.2.2 基尔霍夫定律	7
1.3 电源的工作状态	9
1.3.1 电源的有载工作状态	9
1.3.2 电源的空载与短路状态	11
1.4 电路的分析方法	11
1.4.1 支路电流法	11
1.4.2 电源的等效变换	12
1.4.3 节点电压法	16
1.4.4 叠加原理	18
1.4.5 戴维南定理(等效电源定理)	19
1.5 电位的概念与计算	23
1.5.1 电位的概念	23
1.5.2 电路中某点电位的计算	23
习题 1	25
2 单相正弦交流电路	29
2.1 正弦交流电的三要素	29
2.1.1 周期、频率与角频率	29
2.1.2 幅值与有效值	30
2.1.3 相位、初相位及相位差	31
2.2 正弦量的相量表示法	33
2.2.1 有向线段及其复数表示	33
2.2.2 正弦量的相量表示	33
2.2.3 相量图	35
2.2.4 j 的意义	35
2.3 单一元件的正弦交流电路	35
2.3.1 纯电阻元件的正弦交流电路	36

2.3.2	纯电感元件的正弦交流电路	37
2.3.3	纯电容元件的正弦交流电路	40
2.4	RLC 串联的正弦交流电路的分析与计算	42
2.4.1	电压与电流的关系	42
2.4.2	功率	45
2.4.3	复数阻抗串联的正弦交流电路	47
2.5	RLC 并联的正弦交流电路的分析与计算	48
2.5.1	电压与电流的关系	48
2.5.2	功率	50
2.5.3	复数阻抗的并联	50
2.6	复杂的正弦交流电路的分析与计算	52
	习题 2	55
3	三相正弦交流电路	58
3.1	三相对称电源	58
3.1.1	三相对称电源电动势	58
3.1.2	三相对称电源的接法及端电压	59
3.2	三相电源上的负载联接方式	60
3.2.1	三相电源的负载分类	60
3.2.2	三相负载的接法	60
3.3	负载对称的三相电路的分析与计算	61
3.3.1	负载为星形联接	61
3.3.2	负载为三角形联接	64
3.4	负载不对称的三相电路的分析与计算	67
3.4.1	负载为星形联接	67
3.4.2	负载为三角形联接	69
3.5	三相电路的功率计算	70
3.5.1	三相电路的有功功率	70
3.5.2	三相电路的无功功率与视在功率	71
	习题 3	73
4	一阶线性电路的暂态过程分析	75
4.1	换路定律	75
4.1.1	暂态过程的产生	75
4.1.2	换路定律	76
4.1.3	电路暂态过程中初始值与稳态值的确定	76
4.2	RC 电路的暂态过程分析及三要素法	79
4.2.1	RC 电路的暂态过程分析	79
4.2.2	一阶线性电路的三要素法	82
4.2.3	时间常数 τ 的意义及求法	82
4.3	RC 电路在矩形脉冲激励下的响应	86

4.3.1 RC 微分电路	86
4.3.2 RC 积分电路	86
4.3.3 RC 耦合电路	87
4.4 RL 电路的暂态过程分析	87
习题 4	90
5 变压器	92
5.1 概述	92
5.1.1 变压器的用途及分类	92
5.1.2 变压器的基本结构	92
5.1.3 变压器的额定值	93
5.2 变压器的空载运行	93
5.2.1 电磁关系	93
5.2.2 变压器的电压变换作用	94
5.3 变压器的带负载运行	95
5.3.1 带负载时的电磁关系	95
5.3.2 变压器的电压、电流及阻抗变换	96
5.4 变压器的运行特性	98
5.4.1 变压器负载运行时副边端电压的变化率	98
5.4.2 变压器的功率损耗与效率	99
5.5 变压器绕组的极性及连接	100
5.5.1 变压器绕组的极性及测定	100
5.5.2 变压器绕组的连接	101
5.6 特殊变压器	103
5.6.1 自耦变压器	103
5.6.2 仪用互感器	103
习题 5	104
6 三相异步电动机	106
6.1 三相异步电动机的基本结构和工作原理	106
6.1.1 三相异步电动机的基本结构	106
6.1.2 三相异步电动机的工作原理	107
6.1.3 同步转速 n_1 、转子转速 n 与转差率 s	110
6.2 三相异步电动机的特性	111
6.2.1 三相异步电动机的定子电路与转子电路	111
6.2.2 三相异步电动机的转矩特性	113
6.2.3 三相异步电动机的机械特性	114
6.3 三相异步电动机的铭牌数据	116
6.4 三相异步电动机的使用	118
6.4.1 三相异步电动机的起动	118
6.4.2 三相异步电动机的反转	123

6.4.3	三相异步电动机的调速	124
6.4.4	三相异步电动机的制动	125
	习题6	125
7	三相异步电动机的继电器接触器控制	127
7.1	常用低压电器	127
7.1.1	刀开关(闸刀开关)	127
7.1.2	熔断器	128
7.1.3	按钮	128
7.1.4	交流接触器	128
7.1.5	热继电器	129
7.2	三相异步电动机起动与停止的控制	129
7.2.1	三相异步电动机的点动控制	130
7.2.2	三相异步电动机直接起动与停止的控制	131
7.3	三相异步电动机正反转的控制	131
7.4	三相异步电动机在不同地点的控制	133
7.5	三相异步电动机的顺序起动控制	133
	习题7	135

下编 电子技术

8	常用半导体器件	139
8.1	半导体的导电特性	139
8.1.1	本征半导体	139
8.1.2	N型半导体和P型半导体	140
8.2	PN结	141
8.2.1	PN结的形成	141
8.2.2	PN结的单向导电性	142
8.3	半导体二极管	143
8.3.1	基本结构	143
8.3.2	伏安特性	144
8.3.3	主要参数	144
8.3.4	基本应用	145
8.4	稳压管	146
8.4.1	稳压管及伏安特性	146
8.4.2	主要参数	146
8.5	半导体三极管	147
8.5.1	三极管的结构	147
8.5.2	三极管的电流放大作用	148
8.5.3	三极管的特性曲线	149
8.5.4	主要参数	151

8.6 场效应管	152
8.6.1 增强型场效应管	152
8.6.2 耗尽型场效应管	154
8.6.3 P沟道 MOS管简介	154
习题8	155
9 基本放大电路	157
9.1 基本放大电路的组成	157
9.1.1 放大电路的组成原则	157
9.1.2 放大电路的组成和各元件的作用	157
9.1.3 放大电路中电压、电流的表示	158
9.2 放大电路的静态分析	158
9.2.1 直流通路和交流通路	158
9.2.2 近似估算法计算静态值	159
9.2.3 用图解法确定静态值	159
9.3 放大电路的动态分析	161
9.3.1 输入和输出电压波形的分析	161
9.3.2 放大电路的非线性失真	162
9.3.3 用微变等效电路法分析动态工作情况	163
9.4 静态工作点的稳定	166
9.4.1 温度对静态工作点的影响	166
9.4.2 分压偏置式电路	166
9.5 射极输出器	169
9.5.1 电路结构	169
9.5.2 静态分析	169
9.5.3 动态分析	169
9.5.4 射极输出器的应用	171
9.6 多级放大电路	171
9.6.1 多级放大电路的组成及级间耦合方式	171
9.6.2 多级放大电路的计算	172
9.6.3 单级阻容耦合放大电路的频率特性	172
9.7 放大电路中的反馈	173
9.7.1 反馈的基本概念和分类	174
9.7.2 负反馈的判断	174
9.7.3 负反馈对放大电路性能的影响	175
9.8 互补对称功率放大电路	178
9.8.1 对功率放大电路的基本要求	178
9.8.2 提高功率放大电路效率的主要途径	178
9.8.3 互补对称功率放大电路	179
习题9	181

10 集成运算放大器	184
10.1 直接耦合放大电路的零点漂移问题	184
10.2 差动放大电路	184
10.2.1 差动放大电路的结构特点	184
10.2.2 零点漂移的抑制	185
10.2.3 静态分析	185
10.2.4 动态分析	186
10.3 集成运算放大器简介	189
10.3.1 集成运算放大器的组成	189
10.3.2 主要参数	190
10.3.3 理想运算放大器及分析依据	191
10.4 集成运算放大器的线性应用	192
10.4.1 比例运算	192
10.4.2 加法运算	194
10.4.3 减法运算	195
10.4.4 积分、微分电路	195
10.5 运算放大器的非线性运用	197
10.5.1 电压比较器	197
10.5.2 RC 正弦波振荡器	198
习题 10	200
11 直流稳压电源	203
11.1 概述	203
11.2 单相桥式整流电路	203
11.2.1 电路工作原理	203
11.2.2 输出电压、电流平均值的计算	204
11.2.3 整流二极管的选择	205
11.2.4 硅整流组合管	205
11.3 滤波电路	206
11.3.1 电容滤波电路	206
11.3.2 电感滤波电路	207
11.3.3 复式滤波电路	208
11.4 直流稳压电源	209
11.4.1 硅稳压管稳压电路	209
11.4.2 串联型稳压电路	210
11.4.3 三端集成稳压电源	210
11.5 晶闸管和可控整流电路	212
11.5.1 晶闸管	212
11.5.2 单相桥式半控整流电路(阻性负载)	214
11.5.3 单结晶体管触发电路	215

习题 11	218
12 门电路和组合逻辑电路	221
12.1 逻辑函数及其化简	221
12.1.1 逻辑代数的基本运算	221
12.1.2 逻辑函数的表示方法及其相互转换	223
12.1.3 逻辑代数的公式和运算规则	225
12.1.4 逻辑函数的公式法化简	227
12.1.5 逻辑函数的卡诺图化简	228
12.2 逻辑门电路	233
12.2.1 分立元件门电路	233
12.2.2 TTL 集成门电路	234
12.2.3 CMOS 集成门电路	239
12.2.4 TTL 门和 CMOS 门的使用	242
12.3 组合逻辑电路的分析与设计	243
12.3.1 组合逻辑电路的分析	244
12.3.2 组合逻辑电路的设计	244
12.4 常用组合逻辑部件及应用	245
12.4.1 加法器	245
12.4.2 编码器	246
12.4.3 译码器	249
12.4.4 数据选择器	253
习题 12	255
13 触发器和时序逻辑电路	259
13.1 触发器	259
13.1.1 基本 RS 触发器	259
13.1.2 时钟控制的触发器	261
13.1.3 触发器逻辑功能的分类及特性方程表示	265
13.2 寄存器和移位寄存器	266
13.2.1 寄存器	266
13.2.2 移位寄存器	267
13.3 计数器	269
13.3.1 异步计数器	269
13.3.2 同步计数器	272
13.3.3 中规模集成计数器	274
13.3.4 任意进制 (N 进制) 计数器	276
习题 13	280
14 555 定时器及其应用	284
14.1 555 定时器的结构及工作原理	284
14.2 用 555 构成施密特触发器	285

14.2.1	电路组成及工作原理·····	286
14.2.2	应用·····	286
14.3	用 555 构成单稳态触发器·····	287
14.3.1	电路组成及工作原理·····	287
14.3.2	应用·····	288
14.4	用 555 构成多谐振荡器·····	289
14.4.1	电路组成及工作原理·····	289
14.4.2	振荡频率的计算·····	289
14.4.3	应用·····	290
习题 14	·····	290
15	模拟量和数字量的转换·····	292
15.1	概述·····	292
15.2	数/模转换器·····	292
15.2.1	$R-2R$ 梯形网络数/模转换器的基本原理·····	292
15.2.2	集成 D/A 转换器 AD7520·····	294
15.2.3	D/A 转换器的主要技术指标·····	297
15.3	A/D 转换器·····	297
15.3.1	采样/保持(S/H)电路·····	297
15.3.2	量化及编码·····	298
15.3.3	逐次渐近型 A/D 转换器·····	299
15.3.4	A/D 转换器的主要技术指标·····	300
习题 15	·····	300
16	半导体存储器·····	301
16.1	只读存储器·····	301
16.1.1	掩膜 ROM·····	301
16.1.2	可编程 ROM·····	303
16.1.3	可改写 ROM·····	304
16.1.4	ROM 的应用·····	305
16.2	随机存取存储器 (RAM)·····	306
16.2.1	RAM 的结构和工作原理·····	306
16.2.2	RAM 存储容量的扩展方法·····	307
习题 16	·····	309
参考文献	·····	310

上 编 电 工 技 术

1 直流电路

1.1 电路的概念及基本电量的正方向

1.1.1 电路与电路模型

电路就是电流流过的闭合路径,它是根据实际中某种需求将电工设备或元器件按一定方式连接起来,形成电流的通路。

电路中包含的元件是多种多样的,如电阻、电感器、电容器、开关、导线、变压器、集成电路等,连接的方式也是千变万化的。但无论是简单的还是复杂的电路,其组成可总括为:电源、负载及中间环节。电源是激励,给电路提供能量,产生电功率。它是将其他形式的能转化为电能,例如,发电机、蓄电池、太阳能电池、信号源等都是电源。负载是取用电能,吸收电功率。它是将电能转化成其他形式的能,如电灯、电炉、电动机、扬声器等。而中间环节则是连接电源和负载的部分,如导线、开关、变压器、放大电路等。

从电力方面而言,电路是为了传输和转换电能;而对于电子电路来说,其作用是为了传递和处理电信号。

一般所说的电路,都是将电路元器件进行理想化处理的电路模型。电路元件理想化处理就是抓住其主要特性,忽略其次要特性,如一个电感线圈实际电路模型为电阻与纯电感相串联的电路,如图 1-1 所示。但其电阻的作用很小,可以忽略它的影响,将电感线圈看成为不耗能的元件,只作为纯电感处理。电路模型就是由理想化元器件组成的电路,简称为电路。

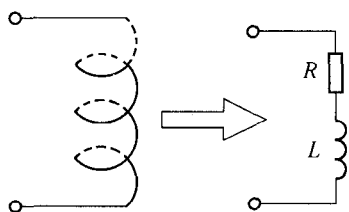


图 1-1 电感线圈

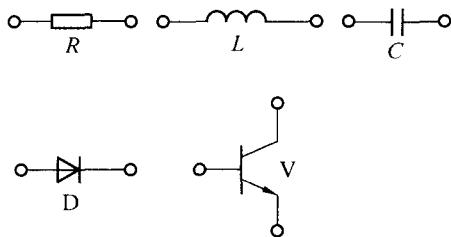


图 1-2 电路中某些元件的符号

一般所说的电路都是电路模型,其元器件都有自己的符号及参数,如图 1-2 中电阻 R 、电感 L 、电容 C 、二极管 D 、晶体管 V 等。

在电路中主要遇到的几个基本电量为电流、电压及电动势,其定义在前面的学习中已经给出,在此就不再重复了。但在分析复杂电路时,这些电量的实际方向很难确定,因此下面

就引入电路中基本电量正方向的问题。

1.1.2 电路中基本电量的实际方向及其正方向

1. 电流

电荷或带电粒子有规则的定向移动形成了电流,在数值上等于电荷对时间的变化率,即

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

其单位为 A(安培)。

若电流随时间而交变,则称为交流,用 AC(Alternating Current)表示;若电流不随时间而变化,则称为直流,用 DC(Direct Current)表示。

电流的实际方向是由电源的“+”极流出,如图 1-3 所示。但在复杂的多电源电路中,电流的实际方向很难确定。在图 1-4 中,电阻 R_1 、 R_2 通过的电流的实际方向很难确定。为了便于电路的分析和计算,将人为地规定某元件中电流的方向,此方向称为参考方向或正方向,图 1-4 中的箭头所示方向即为电流的正方向。正方向确定之后,在分析电路时则不再改变。若所得的值为正值,即 $I > 0$,则表明所设的电流正方向与实际方向相同,如图 1-5a 所示。图 1-5 所示为某一电路中的一个电阻,实线表示电流的正方向,虚线表示电流的实际方向;若所得的值为负值,即 $I < 0$,则表明所设的正方向与实际方向相反,如图 1-5b 所示。

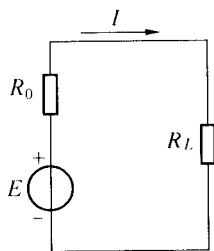


图 1-3 电流的实际方向

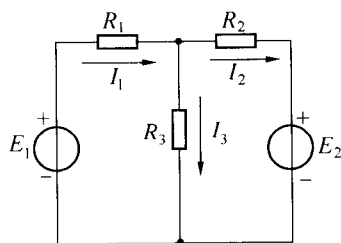


图 1-4 复杂电路

电流的正方向可以用箭头表示,如图 1-5a 表明电流由 A 流向 B;也可以用下标表示,如 I_{AB} ,也表明电流由 A 流向 B,且 $I_{AB} = -I_{BA}$ 。今后电路所标的电流或其他电量的方向,除非特别说明,否则标的都为正方向。

2. 电位与电压

若某元件中有电流流过,其两端必须有电位差,即电压,如在图 1-6 中,A、B 两点电压为

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-2)$$

式中, V_A 为 A 点的电位; V_B 为 B 点的电位。电路中某点的电位就是该点与零电位点(参考点)之间的电压,电位的概念将在后面内容中论述。电位与电压的单位都是 V(伏特)。

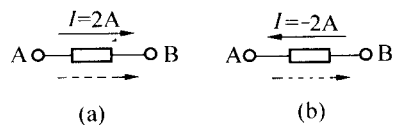


图 1-5 电流的实际方向与正方向的关系

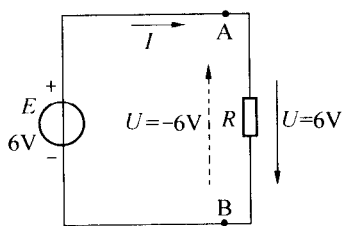


图 1-6 电压的正方向

电压的实际方向是由高电位指向低电位,即电位降低的方向。图 1-6 中 U_{AB} 的实际方向是由 A 指向 B,因为 A 点接电源的正极。但在复杂的电路中,与电流一样,电压的实际方向也很难确定,因此也要先设定电压的正方向。正方向设定后,若 $U > 0$,则表明所设正方向与实际方向相同;若 $U < 0$,则表明所设的正方向与实际方向相反。

电压的正方向可以用箭头表示,如图 1-7 所示,也可以用“+”、“-”表示,还可以用下标表示。图 1-7 中都表示人为地认为 A 点的电位比 B 点电位高,且 $U_{AB} = -U_{BA}$ 。

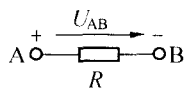


图 1-7 电压正方向的表示

例 1-1 指出图 1-8 中 A、B 两点哪一点电位高,并用正负号标出实际电压的方向。

解 由于 $U_{AB} = -10\text{V}$,则其实际方向与所设正方向相反,即应由 B 指向 A,即 $U_{BA} = 10\text{V}$,说明 B 点的电位比 A 点电位高。其实际方向如图 1-8 所示的正负号。

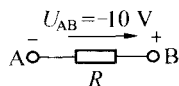


图 1-8 例 1-1 图

3. 电动势

在电源内部,为了使电流连续,电场力要将正电荷从电源的负极移到正极,消耗其他形式的能对正电荷做功,从而提高了电荷的电位能。表征这种做功能力大小的电量,即为电动势,其单位也为 V(伏特),实际方向是由低电位指向高电位,即电位升高的方向,如图 1-9 中电动势 E 的实际方向是由“-”指向“+”。

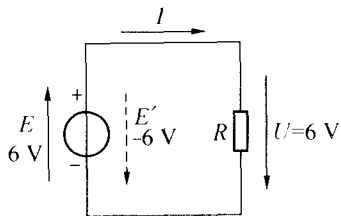


图 1-9 电动势的实际方向与正方向

与电压和电流一样,在复杂电路中,电动势也需要选定正方向。若所选的正方向与实际方向相同,则 $E > 0$;若所选的正方向与实际方向相反,则 $E < 0$,即如图 1-9 所示的 E' 。

注意,在电路中电压、电流与电动势正方向的选取完全是任意的,一般电阻上取电压与电流的正方向相同,称为关联方向,图 1-9 中电流 I 和电压 U 的正方向是关联方向。当电阻两端电压与电流的正方向选择关联方向时,只标出电流的方向即可。

例 1-2 图 1-10 所示为某电路的一个分支,已知电流 $I = -1\text{A}$, $E = 8\text{V}$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$,试求 U_{AB} 的值。

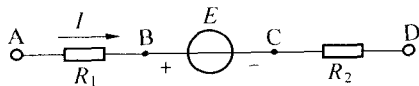


图 1-10 例 1-2 的电路图

解 取电阻上电压与电流的正方向为关联方向,则

$$U_{AB} = I \cdot R_1 = (-1) \times 5 = -5(\text{V})$$

$$U_{CD} = I \cdot R_2 = (-1) \times 10 = -10(\text{V})$$

$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = -5 + 8 + (-10) = -7(\text{V})$$

注:负号说明 D 点的电位比 A 点电位高。

1.2 电路的基本定律

1.2.1 欧姆定律

对于线性电阻,若取其电压与电流为关联方向,如图 1-11a 所示,则其电压与电流的关系为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

式中,比例系数 R 即为电阻,其单位为 Ω (欧姆)。

若电阻上的电压与电流取非关联方向,如图 1-11b 所示,则其电压与电流的关系为

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1-4)$$

某元件两端的电压与电流的关系曲线称为它的伏安特性。线性电阻的伏安特性为一条直线,如图 1-12 所示,其斜率是 $\tan\alpha = R$ 。不符合欧姆定律的电阻为非线性电阻,其伏安特性不是一条直线,而是曲线,如半导体二极管的伏安特性如图 1-13 所示。

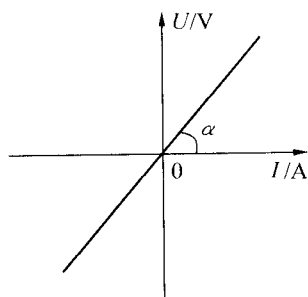


图 1-12 线性电阻的伏安特性

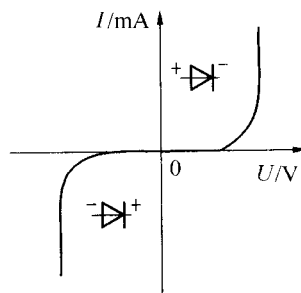


图 1-13 二极管的伏安特性

例 1-3 试计算图 1-14 中的电阻值。

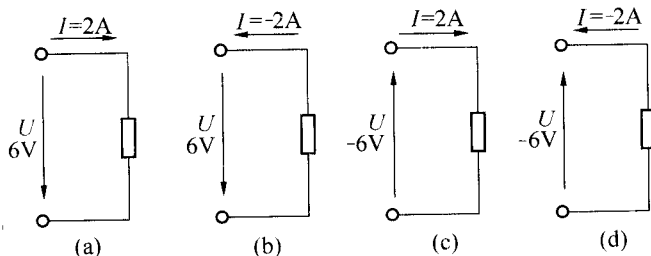


图 1-14 例 1-3 的电路图

解 在图 a 中,电压与电流为关联方向,故