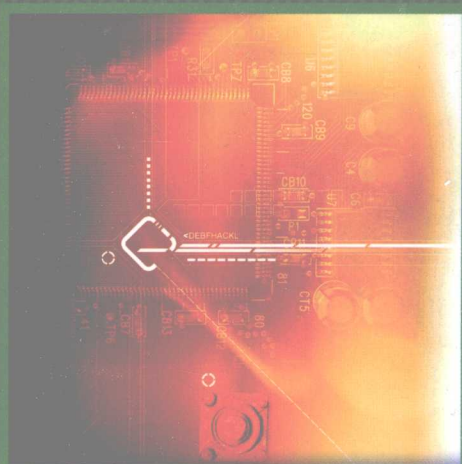




高职高专“十一五”规划示范教材



主编 张 虹

电工与电子技术基础



北京航空航天大学出版社



高职高专“十一五”规划示范教材

电工与电子技术基础

主编 张 虹

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书是根据教育部最新制定的高等职业院校电工电子技术课程教学基本要求,结合编者多年的教学实践,为进一步提高学生的综合素质与自主创新能力编写而成的。在内容取材及安排上,以“必需”和“够用”为前提,讲清概念,强化应用。

全书共 14 章,分别介绍了电路的基本概念和分析方法、正弦交流电路、三相电路、动态电路的分析、磁路与变压器、异步电动机及其控制、继电-接触器控制、可编程控制器、半导体二极管及整流电路、半导体三极管及放大电路、集成运算放大器及其应用、组合逻辑电路、时序逻辑电路和数/模及模/数转换电路。每章均配有经典例题和习题,书后附有习题答案。此外,每章最后编写了配合本章教学的典型实验,书的附录部分编写了 4 个综合实训。

本书可作为高职院校机械类、工程类等专业的教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考使用。中等专科学校同类专业可对其中的内容进行选讲。

本书配有教学课件,请发送邮件至 bhkejian@126.com 或致电 010-82317027 申请索取。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础/张虹主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-81124-318-5

I. 电… II. 张… III. ①电工技术②电子技术 IV. TM
TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 056546 号

电工与电子技术基础

主编 张 虹

策划编辑 蔡 喆

责任编辑 潘晓丽 张雯佳

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:22.25 字数:570 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-318-5 定价:36.00 元

前 言

电工电子技术是高等职业院校机械类、工程类专业的一门技术性基础课程。通过本课程的学习,可以使學生获得用电技术的基本知识和基本技能。

本书以应用型人才为培养目标,在编写过程中结合笔者多年工程实践经验,紧紧抓住技术基础课程的特点,突出课程本身的基础性和实践性,通过深入浅出的习题和典型实验,加强理论与实践的结合,注重技能培养。本书编写的宗旨是:

1. 以基本要求为依据,以够用、实用为尺度,对传统内容进行了加工,精简了理论的讲解与推导,将重点放在对知识的应用性介绍上。

2. 内容精选,主次分明,详细得当。

3. 体现知识的先进性,将成熟的新技术,如可编程逻辑器件(PLD)纳入教材,使学生初步了解其功能和应用。

4. 在电子技术部分,注意分立元件电路与集成电路的比重,加强集成电路的介绍,尤其是结合不同电路给出了典型的集成芯片的引脚排列图,并对芯片的用途及功能扩展作了有针对性的讲解。

5. 教材编写注意将培养学生能力的要求贯穿于整个教学中。本教材通过教学目标、教学要求以及例题、习题等多种途径帮助学生建立本课程学习的正确方法,抓住重点,明确思路,真正从“应用”这个角度加强对知识的掌握。

本书由张虹执笔主编。在大纲的论证及教材编写过程中,栾学德、张星慧、姜华、张元国、管金华老师给予了大力支持和具体帮助;此外,李秋潭、王立梅、刘晓亮、高寒、陈光军、杨洁、李厚荣、于钦庆、刘钧波、杜德也提出了宝贵意见。本书由陈汝合老师主审。在此对以上各位同志表示衷心地感谢!

全书共分14章,按照理论教学64学时、实验14学时、实训28学时的要求编写。内容包括电路的基本概念和分析方法、正弦交流电路、三相电路、电路的暂态分析、磁路与变压器、异步电动机及其控制、继电-接触器控制、可编程控制器、半导体二极管与整流电路、半导体三极管与放大电路、集成运算放大器及其应用、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数/模与模/数转换电路。

编写过程中,由于时间仓促,加之水平有限,若书中有错误和不妥之处,敬请读者批评指正,以便今后不断改进。

编 者

2008年3月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和分析方法	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电 路	1
1.1.2 电路模型	1
1.2 电路的基本物理量	2
1.2.1 电 流	2
1.2.2 电 压	3
1.2.3 电功率	5
1.3 电阻元件和电源	5
1.3.1 电阻元件	5
1.3.2 独立电源	8
1.3.3 受控源	9
1.4 基尔霍夫定律	10
1.4.1 基尔霍夫电流定律	11
1.4.2 基尔霍夫电压定律	12
1.5 支路电流法	13
1.6 等效变换法	14
1.6.1 基本概念	14
1.6.2 两种实际电源模型的等效变换	15
1.7 节点电压法	16
1.7.1 节点电压及节点电压方程	16
1.7.2 节点法应用举例	18
1.8 网络定理分析法	19
1.8.1 叠加定理	19
1.8.2 戴维南定理和诺顿定理	20
1.8.3 最大功率传输定理	23
1.9 本章小结	25
习题一	25
实验一 电路基本定律及定理的验证	29
第 2 章 正弦交流电路	32
2.1 正弦交流电路的基本概念	32
2.1.1 正弦量的瞬时值	32
2.1.2 正弦量的三要素	32
2.1.3 相位差	34

2.1.4 正弦量的有效值	35
2.2 正弦量的相量表示	36
2.2.1 复数的表示形式及运算规则	36
2.2.2 正弦量的相量表示	38
2.3 单一参数正弦交流电路的分析	39
2.3.1 纯电阻电路	39
2.3.2 纯电感电路	40
2.3.3 纯电容电路	42
2.3.4 电感、电容的联接	43
2.4 基尔霍夫定律的相量形式	44
2.4.1 基尔霍夫电流定律的相量形式	45
2.4.2 基尔霍夫电压定律的相量形式	45
2.5 RLC 串联电路的分析——多阻抗串联	45
2.5.1 RLC 串联电路的分析	45
2.5.2 复阻抗的串联	46
2.6 正弦交流电路的功率	48
2.6.1 瞬时功率和平均功率	48
2.6.2 复功率、视在功率和无功功率	49
2.7 功率因数的提高	50
2.8 相量法分析正弦交流电路	50
2.9 谐振电路	51
2.9.1 RLC 串联谐振电路	51
2.9.2 RL - C 并联谐振电路	53
2.10 本章小结	55
习题二	55
实验二 单相正弦交流电路	59
实验三 RLC 串联谐振电路的研究	60
第 3 章 三相电路	63
3.1 三相电源	63
3.1.1 对称三相电源	63
3.1.2 三相电源的连接	64
3.1.3 三相电源与负载的连接	65
3.2 三相电路的计算	66
3.3 三相电路的功率	69
3.4 本章小结	70
习题三	71
实验四 三相交流电路	72
第 4 章 动态电路的分析	75
4.1 过渡过程及换路定律	75

4.1.1	过渡过程	75
4.1.2	换路定律	75
4.2	一阶 RC 电路的过渡过程	77
4.2.1	RC 电路的零输入响应	77
4.2.2	RC 电路的零状态响应	79
4.3	一阶 RL 电路的过渡过程	81
4.3.1	RL 电路的零输入响应	81
4.3.2	RL 电路的零状态响应	82
4.4	一阶电路的全响应	83
4.4.1	一阶电路的全响应	83
4.4.2	一阶电路的三要素法	83
4.5	本章小结	87
	习题四	88
	实验五 动态电路的过渡过程	90
第 5 章	磁路与变压器	92
5.1	磁场的基本物理量	92
5.2	磁路和磁路定律	93
5.2.1	磁路	93
5.2.2	磁路定律	94
5.3	铁芯线圈	96
5.3.1	直流铁芯线圈	96
5.3.2	交流铁芯线圈	96
5.4	变压器	98
5.4.1	变压器的结构	99
5.4.2	变压器的工作原理	100
5.5	本章小结	103
	习题五	104
第 6 章	异步电动机及其控制	106
6.1	三相异步电动机的结构和工作原理	106
6.1.1	三相异步电动机的结构	106
6.1.2	三相异步电动机的转动原理	107
6.2	三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	111
6.2.1	三相异步电动机的电磁转矩	111
6.2.2	三相异步电动机的机械特性	113
6.3	三相异步电动机的铭牌和技术数据	115
6.4	三相异步电动机的启动、调速和制动	116
6.4.1	三相异步电动机的启动	116
6.4.2	三相异步电动机的调速	119
6.4.3	三相异步电动机的制动	120

6.5	单相异步电动机	120
6.6	本章小结	122
	习题六	122
	实验六 三相异步电动机的点动和自锁控制	123
	实验七 三相异步电动机的正、反转控制	126
第7章	继电-接触器控制	129
7.1	常用低压控制电器	129
7.1.1	手动电器	129
7.1.2	自动电器	131
7.2	三相鼠笼式异步电动机的基本控制电路	135
7.2.1	三相异步电动机的简单起停控制	135
7.2.2	三相异步电动机的正反转控制	137
7.2.3	行程控制	137
7.2.4	时间控制	138
7.2.5	触头的联锁	139
7.3	本章小结	140
	习题七	140
第8章	可编程控制器	143
8.1	PLC的特点与基本组成	143
8.1.1	PLC的特点	143
8.1.2	PLC控制系统的组成	144
8.1.3	PLC的组成	145
8.2	PLC的工作原理	147
8.3	PLC的编程语言	148
8.3.1	两种常用的编程语言	149
8.3.2	PLC的基本指令	150
8.4	PLC的应用举例	152
8.5	本章小结	156
	习题八	156
第9章	半导体二极管与整流电路	157
9.1	半导体的基础知识	157
9.1.1	本征半导体与杂质半导体	157
9.1.2	PN结	158
9.2	半导体二极管	160
9.2.1	基本结构	160
9.2.2	伏安特性	160
9.2.3	主要参数	161
9.3	半导体二极管的简单应用	162
9.3.1	限幅电路	162

9.3.2	整流电路	162
9.3.3	滤波电路	165
9.4	稳压二极管及其应用	167
9.4.1	稳压二极管特性与参数	167
9.4.2	稳压二极管稳压电路	168
9.5	本章小结	169
	习题九	169
第 10 章	半导体三极管及放大电路	172
10.1	晶体三极管	172
10.1.1	基本结构及电路符号	172
10.1.2	三极管的电流放大原理	173
10.1.3	三极管的共射特性曲线	174
10.1.4	三极管的主要参数	175
10.1.5	复合晶体管	176
10.2	场效应晶体管	177
10.2.1	N 沟道增强型 MOS 管	177
10.2.2	N 沟道耗尽型 MOS 管	179
10.2.3	场效应管和三极管比较	179
10.3	基本放大电路的组成及性能指标	180
10.3.1	基本放大电路的组成	180
10.3.2	放大电路的主要性能指标	181
10.4	基本放大电路的工作原理及分析方法	183
10.4.1	基本放大电路的工作原理	183
10.4.2	基本放大电路的分析	184
10.5	放大电路静态工作点的稳定	188
10.5.1	温度对静态工作点的影响	188
10.5.2	静态工作点稳定电路	189
10.6	射极输出器	190
10.6.1	电路的基本分析	191
10.6.2	共集电极电路的特点和应用	192
10.7	多级放大电路	192
10.7.1	多级放大电路的耦合方式	193
10.7.2	多级放大电路的动态分析	194
10.8	本章小结	194
	习题十	195
	实验八 常用电子元器件的识别	198
	实验九 晶体管单管放大器	201
第 11 章	集成运算放大器及其应用	205
11.1	集成电路概述	205

11.1.1	集成电路及其发展	205
11.1.2	集成电路的特点及分类	205
11.1.3	集成电路制造工艺简介	206
11.2	集成运放的基本组成及功能	207
11.2.1	偏置电路——电流源	207
11.2.2	输入级——差动放大电路	208
11.2.3	输出级——功率放大电路	213
11.3	理想运算放大器	216
11.3.1	理想运放的技术指标	216
11.3.2	理想运放的两种工作状态	217
11.4	放大电路中的反馈	218
11.4.1	反馈的基本概念及判别方法	218
11.4.2	负反馈对放大电路性能的影响	222
11.5	集成运算放大器的线性应用	223
11.5.1	比例运算电路	223
11.5.2	加减运算电路	225
11.5.3	积分和微分运算电路	227
11.5.4	模拟乘法器及其应用	228
11.6	集成运算放大器的非线性应用	230
11.6.1	电压比较器概述	230
11.6.2	单限比较器	231
11.6.3	滞回电压比较器	231
11.6.4	双限电压比较器	232
11.6.5	集成稳压电路	233
11.7	本章小结	235
	习题十一	236
	实验十 两级放大电路及放大电路中的负反馈	239
	实验十一 比例、求和运算电路	242
第12章	组合逻辑电路	246
12.1	数字电路概述	246
12.1.1	模拟信号和数字信号	246
12.1.2	数制与编码	246
12.2	逻辑门电路	248
12.2.1	基本逻辑关系及其门电路	248
12.2.2	复合门电路	250
12.2.3	集成门电路	251
12.3	逻辑代数及其化简	254
12.3.1	逻辑代数的公式和定理	254
12.3.2	逻辑代数的化简	255

12.4 组合逻辑电路的分析与设计	255
12.4.1 组合电路的分析方法	256
12.4.2 组合电路的一般设计方法	257
12.5 常用中规模集成组合逻辑电路	258
12.5.1 编码器	258
12.5.2 译码器	262
12.5.3 加法器	267
12.5.4 数值比较器	268
12.5.5 数据选择器	269
12.5.6 数据分配器	271
12.6 本章小结	272
习题十二	273
实验十二 组合逻辑电路的测试与设计	277
第 13 章 时序逻辑电路	281
13.1 双稳态触发器	281
13.1.1 基本 RS 触发器	281
13.1.2 同步 RS 触发器	282
13.1.3 主从触发器	283
13.1.4 不同类型时钟触发器间的转换	285
13.2 寄存器	286
13.2.1 数码寄存器	287
13.2.2 移位寄存器	287
13.3 计数器	290
13.3.1 同步计数器	290
13.3.2 异步计数器	294
13.3.3 集成计数器构成 N 进制计数器的方法	295
13.4 集成 555 定时器的原理及应用	298
13.4.1 集成 555 定时器	298
13.4.2 由 555 定时器构成的单稳态触发器	300
13.4.3 由 555 定时器构成的多谐振荡器	301
13.4.4 由 555 定时器构成的施密特触发器	302
13.5 本章小结	303
习题十三	303
实验十三 时序电路逻辑功能的测试及简单应用	307
第 14 章 数/模、模/数转换电路	310
14.1 D/A 转换器	310
14.1.1 D/A 转换原理	310
14.1.2 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	311
14.1.3 D/A 转换器的主要技术指标	312

14.1.4	集成 DAC	313
14.2	A/D 转换器	314
14.2.1	A/D 转换的一般步骤	315
14.2.2	取样保持电路	316
14.2.3	逐次渐近型 A/D 转换器	317
14.2.4	双积分型 A/D 转换器	319
14.2.5	A/D 转换器的主要技术指标	320
14.2.6	集成 ADC	320
14.3	本章小结	321
	习题十四	322
附录 A 综合实训		323
实训 1	小容量变压器的设计	323
实训 2	无触点自动充电器的设计	326
实训 3	感应式防盗报警电路的设计	327
实训 4	市电过、欠压保护电路的设计	328
附录 B 习题参考答案		330
参考文献		344

第 1 章 电路的基本概念和分析方法

本章主要介绍电路的基础知识,包括:电路的基本概念,基本物理量,常用元件,电路中的基本定律——基尔霍夫定律。最后重点介绍分析电路的几种基本方法。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电 路

电路在日常生活、生产和科学研究工作中应用广泛,小到手电筒,大到计算机、通信系统和电力网络,都可以看到各种各样的电路。可以说,只要是用电的物体,其内部都含有电路,只是电路的结构各异,特性和功能不同。电路的一种功能是实现电能的传输和转换,例如电力网络将电能从发电厂输送到各个工厂、广大农村和千家万户,供各种电气设备使用;电路的另一种功能是实现电信号的传输、处理和存储,例如电视接收天线将接收到的含有声音和图像信息的高频电视信号,通过高频传输线送到电视机中,这些信号经过选择、变频、放大和检波等处理,恢复出原来的声音和图像信号,通过扬声器发出声音并在显像管屏幕上呈现图像。

那么,什么是电路呢?所有的实际电路是由电气设备和元器件按照一定的方式连接起来,为电流的流通提供路径的总体,也称网络。电路中提供电能的设备或元器件称为电源,电路中使用电能的设备或元器件称为负载。手电筒电路就是一个最简单的实用电路。这个电路是由一个电源(干电池)、一个负载(小灯泡)、一个开关和连接导线组成,如图 1-1(a)所示。

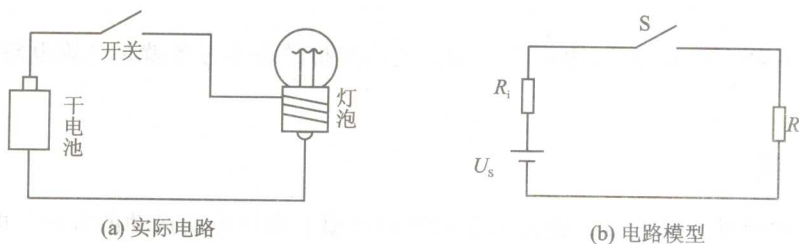


图 1-1 手电筒电路

1.1.2 电路模型

为了便于对实际电路进行分析,通常是将实际电路器件理想化(或称模型化),即在一定条件下,突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,将其近似地看做理想电路元件,并用规定的图形符号表示。例如用电阻元件来表征具有消耗电能特征的各种实际元件,那么在电源频率不十分高的电路中,所有电阻器、电炉、电灯等实际电路元器件,都可以用电阻元件这个理想化的模型来近似表示。同样,在一定条件下,电感线圈忽略其电阻,就可以用电感元件来近似地表示;电容器忽略其漏电,就可以用电容元件近似地表示。此外还有电压源、电流源两种理想电源元件。以上这些理想元件分别可以简称为电阻、电感、电容和电源,它们都具有两个端钮,称

为二端元件。其中,电阻、电感、电容又称无源元件。

由理想元件组成的电路,就称为实际电路的电路模型。图 1-1(b)即为图 1-1(a)的电路模型。又如图 1-2(a)表示一个最简单的晶体管放大电路,其电路模型如图 1-2(b)所示。以下如未加特殊说明,所说的电路均指电路模型。

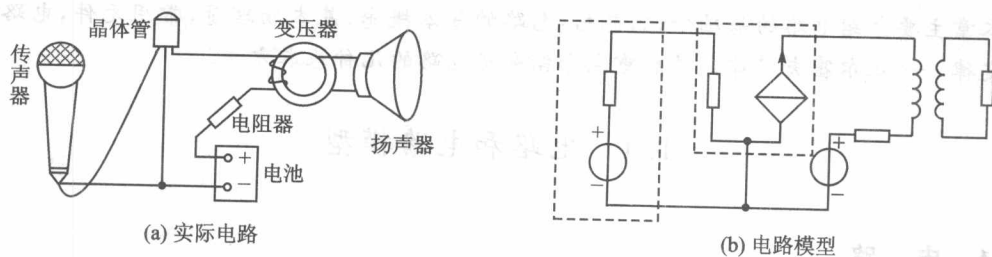


图 1-2 晶体管放大电路

用理想电路元件或它们的组合模拟实际器件的过程称为建模。建模时必须考虑工作条件,并按不同精确度的要求把给定工作情况下的主要物理现象及功能反映出来。例如,在直流情况下,一个线圈的模型可以是一个电阻元件;在较低频率下,就要用电阻元件和电感元件的串联组合模拟;在较高频率下,还应计及导体表面的电荷作用,即电容效应,所以其模型还需要包含电容元件。可见,在不同的条件下,同一实际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。如果模型取得太复杂,就会造成分析困难;反之,如果取得太简单,就不足以反映所求解的真实情况。所以建模问题需要专门研究,绝不能草率定论。

1.2 电路的基本物理量

电路的基本物理量有电流、电压和功率。电路分析的基本任务就是计算电路中的电流、电压和功率。

1.2.1 电 流

电荷的定向运动形成电流。电流的实际方向习惯上指正电荷运动的方向。电流的大小用电流强度来衡量,电流强度简称电流,其数学表达式为

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

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,单位是安[培],用 A 表示,在计量微小电流时,通常用毫安(mA)或微安(μ A)作单位; dq 为微小电荷量,单位是库[仑],用 C 表示; dt 为微小的时间间隔,单位是秒,用 s 表示。

按照电流的大小和方向是否随时间变化,分为恒定电流(简称直流 DC)和时变电流,分别用符号 I 和 i 表示。人们平时所说的交流(AC)是时变电流的特例。

在分析电路时往往不能事先确定电流的实际方向,而且时变电流的实际方向又随时间不断变化。因此在电路中很难标明电流的实际方向。为此,引入了电流参考方向这一概念。

参考方向的选择具有任意性。在电路中通常用实线箭头或双字母下标表示,实线箭头可

以画在线外,也可以画在线上。为了区别,电流的实际方向通常用虚线箭头表示,如图1-3所示。而且规定:若电流的实际方向与所选的参考方向一致,则电流为正值,即 $i>0$;若电流的实际方向与所选的参考方向相反,则电流为负值,即 $i<0$ 。这样,电流就成为一个具有正负的代数量。

图1-3(a)中电流参考方向为从a到b,用双下标法表示为 i_{ab} ;图1-3(b)中为从b到a,表示为 i_{ba} 。可见,对于同一电流,参考方向选择不同,其数值互为相反数,即

$$i_{ab} = -i_{ba} \quad (1-2)$$

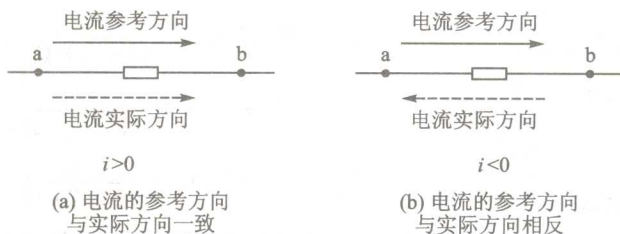


图1-3 电流的参考方向与实际方向

1.2.2 电 压

电路分析中另一个基本物理量是电压。直流电压用大写字母 U 表示,交流电压用小写字母 u 表示,单位为伏[特],用 V 表示。为了便于计量,还可以用毫伏(mV)、微伏(μV)和千伏(kV)等作为单位。在数值上,电路中任意两点a、b之间的电压等于电场力将单位正电荷由a点移动到b点所做的功,即

$$U_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1-3)$$

式中, dW 是电场力所做的功,单位是焦[耳](J)。

在电路中任选一点作为参考点,则其他各点到参考点的电压叫做该点的电位,用符号 V 表示。例如,电路中a、b两点的电位分别表示为 V_a 和 V_b ,并且a、b两点间的电压与该两点电位有以下关系

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

电位与电压既有联系又有区别。其主要区别在于:电路中任意两点间的电压,其数值是绝对的;而电路中某一点的电位是相对的,其值取决于参考点的选择。在电子技术中,通常用求解电位的方法判断半导体器件(如二极管、三极管)的工作状态。

今后如未说明,通常选接地点作参考点,并且参考点的电位为零。

引入电位概念后,两点间电压的实际方向即由高电位指向低电位。所以电压就是指电压降。

电压的参考方向(也称参考极性)的选择同样具有任意性,在电路中可以用“+”、“-”号表示,也可用双字母下标或实线箭头表示,如图1-4所示。电压正负值的规定与电流一样,此处不再赘述。

值得注意:今后在求电压、电流时,必须事先规定好参考方向,否则求出的值无意义。

电路中电位相同的点称为等电位点。例如在图1-5所示电路中,a、b、c三点电位分别为

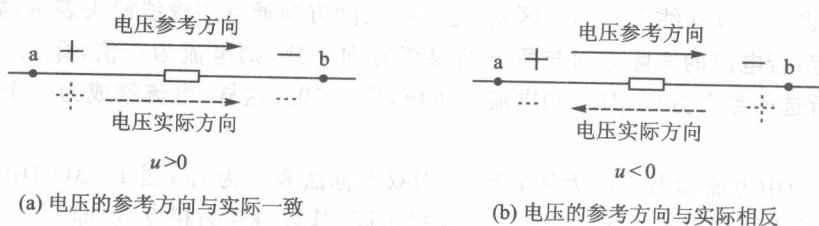


图 1-4 电压的参考方向与实际方向

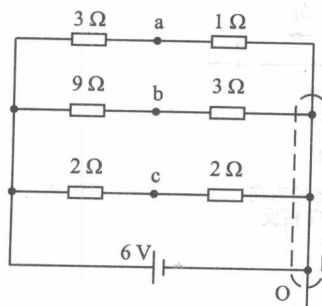


图 1-5 等电位点

$$V_a = 6\text{V} \times \frac{1\Omega}{(3+1)\Omega} = 1.5\text{V}$$

$$V_b = 6\text{V} \times \frac{3\Omega}{(9+3)\Omega} = 1.5\text{V}$$

$$V_c = 6\text{V} \times \frac{2\Omega}{(2+2)\Omega} = 3\text{V}$$

其中, a、b 两点电位相等, 是等电位点。等电位点的特点是: 各点之间虽然没有直接相连, 但其电位相等, 两点间电压等于零。若用导线或电阻将等电位点连接起来, 导线和电阻元件中没有电流通过, 不会影响电路的工作状态。

b、c 两点电位不等, 这时若用导线将两点连接, b、c 两点强迫电位相等, 导线中有电流通过, 也即改变了电路原有工作状态。

另外, 导线上的各点均为等电位点。图 1-5 中虚线所包围的节点都是等电位点。

通常, 对于电路中的某个元件, 电流参考方向和电压参考方向都是可以任意选定的, 彼此独立无关。但为了分析方便, 通常将某元件上电压和电流的参考方向选为一致, 即电流的参考方向由电压的“+”指向“-”, 这样选定的参考方向称为电压与电流的关联参考方向, 简称关联方向, 如图 1-6(a) 和(b) 所示。否则, 称非关联方向, 如图 1-6(c) 和(d) 所示。

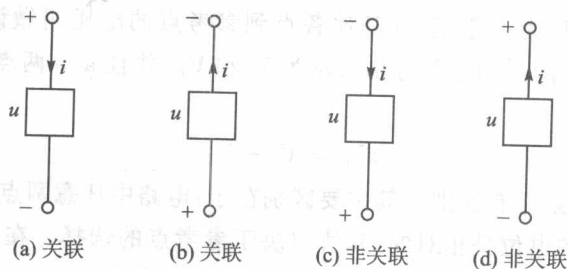


图 1-6 二端元件电压、电流的参考方向

【例 1-1】 在图 1-7 所示电路中, o 点为参考点, 各元件上电压分别为 $U_{S1} = 20\text{V}$, $U_{S2} = 4\text{V}$, $U_1 = 8\text{V}$, $U_2 = 2\text{V}$, $U_3 = 5\text{V}$, $U_4 = 1\text{V}$ 。试求 U_{ac} 、 U_{bd} 、 U_{be} 和 U_{ae} 。

解: 选 o 点为参考点, 所以 o 点电位 $V_o = 0$ 。其他各点到参考点的电位分别为

$$V_a = U_{S1} = 20\text{V}$$

$$V_b = -U_1 + U_{S1} = -8\text{V} + 20\text{V} = 12\text{V}$$

$$V_c = -U_2 - U_1 + U_{S1} = -2\text{V} - 8\text{V} + 20\text{V} = 10\text{V}$$

$$V_d = U_3 + U_4 = 5\text{V} + 1\text{V} = 6\text{V}$$

$$V_e = U_4 = 1 \text{ V}$$

根据式(1-4), 求出两点间电压分别为

$$U_{ac} = V_a - V_c = 20 \text{ V} - 10 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$U_{bd} = V_b - V_d = 12 \text{ V} - 6 \text{ V} = 6 \text{ V}$$

$$U_{be} = V_b - V_e = 12 \text{ V} - 1 \text{ V} = 11 \text{ V}$$

$$U_{ae} = V_a - V_e = 20 \text{ V} - 1 \text{ V} = 19 \text{ V}$$

1.2.3 电功率

电能对时间的变化率即电功率, 简称功率。用 p 或 P 表示, 单位是瓦[特](W)。功率的表达式为

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-5)$$

应用式(1-5)计算元件功率时, 首先需要判断 u, i 的参考方向是否为关联方向, 若为关联方向, 则 $p = ui$; 否则 $p = -ui$ 。计算结果若 $p > 0$, 表明元件实际消耗功率; 若 $p < 0$, 表明元件实际发出功率。

【例 1-2】 在图 1-8 所示电路中, 已知 $U_1 = 1 \text{ V}, U_2 = -6 \text{ V}, U_3 = -4 \text{ V}, U_4 = 5 \text{ V}, U_5 = -10 \text{ V}, I_1 = 1 \text{ A}, I_2 = -3 \text{ A}, I_3 = 4 \text{ A}, I_4 = -1 \text{ A}, I_5 = -3 \text{ A}$ 。试求各元件的功率。

解: 根据题目所给已知条件及图中电压及电流的参考方向可得

$$P_1 = U_1 I_1 = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 1 \text{ W} \text{ (吸收功率 1 W)}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = (-6) \text{ V} \times (-3) \text{ A} = 18 \text{ W} \text{ (吸收功率 18 W)}$$

$$P_3 = -U_3 I_3 = -(-4) \text{ V} \times 4 \text{ A} = 16 \text{ W} \text{ (吸收功率 16 W)}$$

$$P_4 = U_4 I_4 = 5 \text{ V} \times (-1) \text{ A} = -5 \text{ W} \text{ (发出功率 5 W)}$$

$$P_5 = -U_5 I_5 = -(-10) \text{ V} \times (-3) \text{ A} = -30 \text{ W} \text{ (发出功率 30 W)}$$

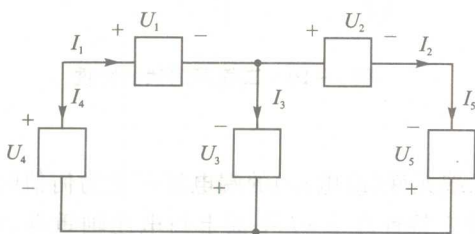


图 1-8 例 1-2 电路

由以上计算结果可以看出, 电路中各元件发出的功率总和等于吸收功率总和, 这就是电路的“功率平衡”。功率平衡是能量守恒定律在电路中的体现。

电能是功率对时间的积累。其表达式可写成 $W = P \cdot t$ 。电能的单位是焦[耳](J), 定义为: 功率为 1 W 的设备在 1 s 时间内转换的电能。工程上常采用千瓦时(kW · h)作

为电能的单位, 俗称 1 度电, 定义为: 功率为 1 kW 的设备在 1 h 内所转换的电能。

1.3 电阻元件和电源

1.3.1 电阻元件

1. 电阻元件的电压、电流关系——欧姆定律

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, 如图 1-1(a)