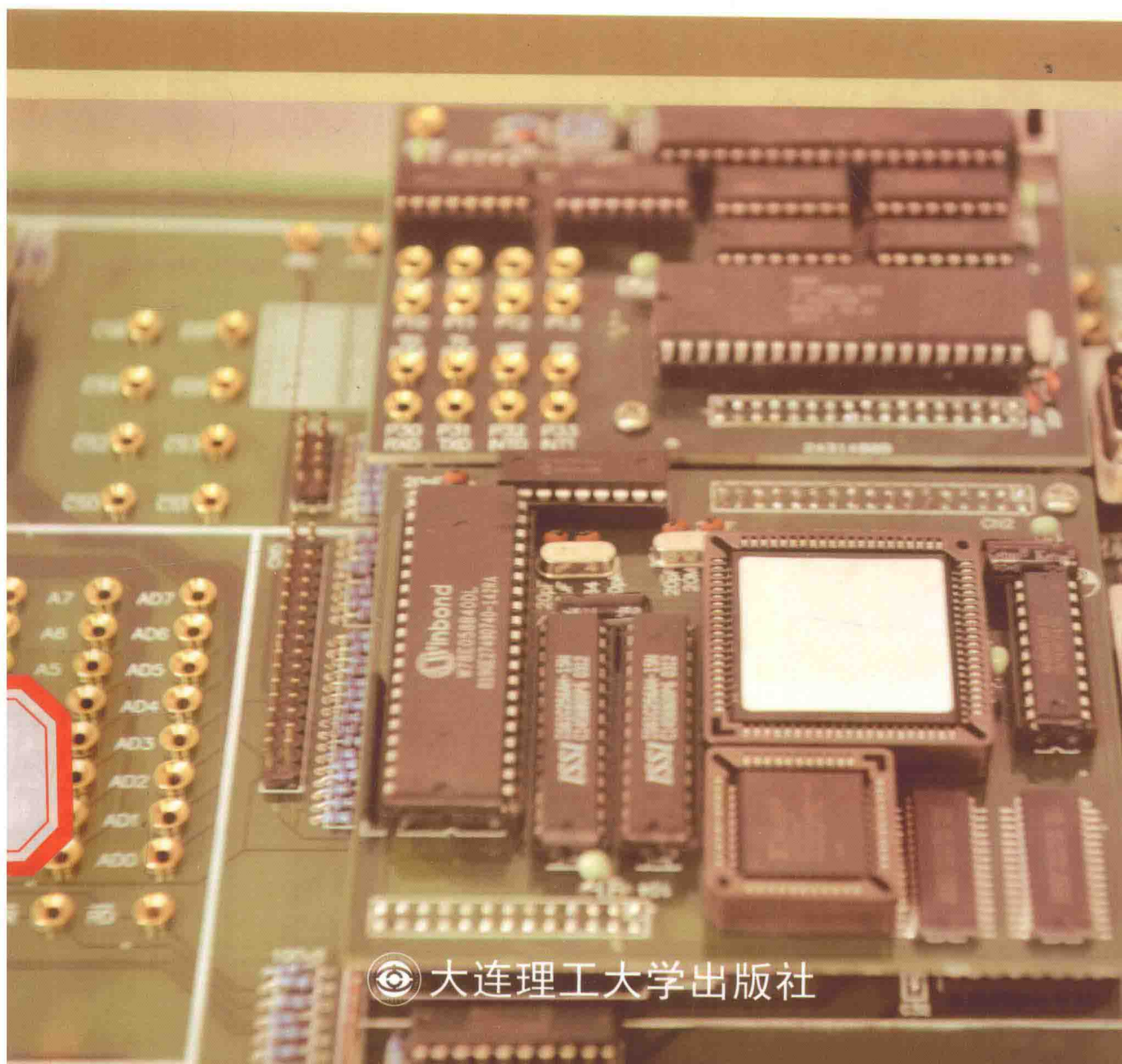




现代远程教育系列教材

电工及电子技术

主 编 盛贤君 刘蕴红



© 大连理工大学出版社

电工及电子技术

主 编 盛贤君 刘蕴红
编 者 盛贤君 刘蕴红
王 宁 章 艳

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工及电子技术 / 盛贤君, 刘蕴红主编. — 大连 :
大连理工大学出版社, 2012.9
ISBN 978-7-5611-7338-1

I. ①电… II. ①盛… ②刘… 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(2012)第 230555 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84706041 传真:0411-84707403 邮购:0411-84706041

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

丹东新东方彩色包装印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm	印张:14.5	字数:353 千字
2012 年 9 月第 1 版	2012 年 9 月第 1 次印刷	

责任编辑:王影琢

责任校对:王 波

封面设计:戴筱冬

ISBN 978-7-5611-7338-1

定 价:34.00 元

出版说明

基于计算机网络条件下的远程教育,即网络教育,亦称现代远程教育,已经成为当今推进我国高等教育大众化的新途径。经批准,大连理工大学于2002年2月成为全国68所现代远程教育试点高校之一,并已在网络高等学历教育方面取得了显著成绩。为贯彻教育部关于网络教育要“积极发展,规范管理,强化服务,提高质量,改革创新”的指导思想,在教学方面要继续做好网络教育平台建设、网络教育资源及视听教材建设、开展好网上学习的支持服务的同时,积极组织编好具有远程教育特色的高水平纸介教材十分重要。为此,大连理工大学决定将网络教育系列纸介教材的编辑出版工作列入《现代远程教育类教学改革基金项目》加以实施。

按照教改立项的要求,要配合网络课件、视听教材的建设,制订相应的网络教育纸介教材建设计划,有组织、有步骤地开展好这项工作。

按照教改立项的要求,网络教育纸介教材必须以网络课件的教学大纲为基础进行编写,并努力凸现远程教育的特色,为培养应用型人才服务。

按照教改立项的要求,网络教育纸介教材的内容取舍、理论深度、文字处理,既要力求适合大多数网络教育学生的实际接受能力,适应网络教育学生自主学习的需要,又要确保达到网络高等教育的基本要求,为高等教育大众化服务。

按照教改立项的要求,网络教育纸介教材的编著者应有丰富的教学经验,在本学科有较厚的基础,了解本门课程发展动态,有较高的学术水平,有较好的文字功底,并且优先选聘本课程网络课件的主讲教师担任编写工作。

现在,经过不断的努力,现代远程教育系列教材将陆续出版问世,特向各位编著者及审稿专家表示感谢,同时敬请社会各界同行对不足之处给予批评指正。

大连理工大学网络教育学院

2008年12月

前 言

本书是根据国家教委电工电子技术基础课程教学大纲的基本要求,结合大连理工大学网络教育学院《关于加强现代远程教育文字教材建设的意见》以及现代远程教育学生在职学习的特点,从实用角度出发,总结多年的教学经验,顺应电工电子技术发展的趋势编写而成。

本书在编写中力求体现以下特点:

1. 体系完整、内容充实。教材内容兼顾了强电和弱电,具有知识点多、信息量大的特点。在编排上注意由浅入深,循序渐进,突出知识主线和重点,利于教学。

2. 编写中贯彻了少而精的原则,对基本理论、基本知识和基本技能方面的内容力求定义准确,概念清楚,叙述简明。淡化细节描述,省略了一些繁杂的数理推导,精简了对分立元件的分析和过多的理论叙述,扩充了集成电路的应用举例,降低了学生学习的难度。

3. 注重理论与实际相结合,突出实用性和实践性,增加了应用方面的知识,每个章节后均配有应用实例,全书共有应用实例 21 个,便于学生在具体应用中深入理解和掌握相关的理论知识。

全书共 14 章。内容包括直流电路、电路的瞬态分析、交流电路、供电与用电、变压器、电动机、电动机自动控制电路、电子器件、分立元件放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、组合逻辑电路、时序逻辑电路、A/D 转换器和 D/A 转换器。

本书可作为网络教育非电类专业电工及电子技术教材,以及普通高等院校非电类专业少学时电工电子技术的教材,也可作为科研人员、工程技术人员及自学人员的参考用书。

本书编写的具体分工:章艳(第 1、2 章)、刘蕴红(第 3、4、5、6、7 章)、盛贤君(第 8、9、10、12、13 章)、王宁(第 11、14 章),盛贤君负责统稿。

本书经大连理工大学唐介教授仔细审阅,提出了很多宝贵意见,谨向唐介教授表示衷心的感谢。

限于编者的水平和经验,书中难免存在不足或错误之处,敬请读者批评、指正。

编 者

2012 年 9 月

目 录

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 电路的基本组成	1
1.1.2 电路的种类和作用	1
1.2 电路的基本物理量	2
1.2.1 电 流	2
1.2.2 电 压	2
1.2.3 电 位	2
1.2.4 电动势	3
1.2.5 电功率	4
1.2.6 电 能	4
1.3 电路的工作状态	4
1.3.1 通 路	4
1.3.2 开路(断路)	5
1.3.3 短 路	5
1.4 电压和电流的参考方向	5
1.5 电路模型	6
1.5.1 理想的无源元件	6
1.5.2 理想的有源元件	8
1.6 实际电源	9
1.6.1 实际电压源	9
1.6.2 实际电流源	9
1.6.3 实际电压源和实际电流源之间的转换	10
1.7 基尔霍夫定律	11
1.7.1 基尔霍夫电流定律	11
1.7.2 基尔霍夫电压定律	12
1.8 支路电流法	13
1.9 叠加定理	14
1.10 等效电源定理	15
1.10.1 基本概念	15
1.10.2 戴维宁定理	15

1.10.3 诺顿定理	16
1.11 应用实例	18
1.11.1 手电筒电路	18
1.11.2 汽车发电机和蓄电池电路	18
第2章 电路的瞬态分析	19
2.1 瞬态分析的基本概念	19
2.1.1 稳态和瞬态	19
2.1.2 产生瞬态的原因	19
2.1.3 分析瞬态过程的意义	20
2.1.4 激励和响应	20
2.1.5 一阶线性电路	20
2.2 换路定律	21
2.3 一阶线性电路的三要素法	21
2.3.1 初始值的确定	21
2.3.2 稳态值的确定	23
2.3.3 时间常数的确定	23
2.3.4 三要素法求解举例	24
2.4 RC 电路的瞬态分析	25
2.4.1 RC 电路的零输入响应	25
2.4.2 RC 电路的零状态响应	26
2.4.3 RC 电路的全响应	27
2.5 应用实例	28
2.5.1 点焊机电路	28
2.5.2 闪光灯驱动电路	28
第3章 交流电路	29
3.1 正弦交流电的基本概念	29
3.1.1 周期、频率与角频率	29
3.1.2 瞬时值、最大值和有效值	30
3.1.3 相位、初相位和相位差	30
3.2 正弦交流电的相量表示法	32
3.2.1 复数的基本知识	32
3.2.2 正弦交流电的相量表示	32
3.3 单一参数的交流电路	33
3.3.1 纯电阻电路	33
3.3.2 纯电感电路	35
3.3.3 纯电容电路	36
3.4 RLC 串联交流电路	38
3.5 阻抗串并联电路	40

3.5.1 阻抗串联电路	40
3.5.2 阻抗并联电路	40
3.6 交流电路的功率以及功率因数的提高	41
3.6.1 交流电路的功率	42
3.6.2 交流电路功率因数的提高	43
3.7 电路谐振	44
3.7.1 串联谐振	44
3.7.2 并联谐振	45
3.8 应用实例	45
3.8.1 电容降压	45
3.8.2 电感降压	46
3.8.3 串联谐振用于收音机选台	46
第4章 供电与用电	47
4.1 三相电源	47
4.1.1 三相交流电的产生	47
4.1.2 三相电源的连接	48
4.2 三相负载	51
4.2.1 负载的星形连接	51
4.2.2 负载的三角形连接	53
4.3 三相电路的功率	55
4.4 电力系统的基本概念	56
4.4.1 电能的产生	56
4.4.2 电能的传输	57
4.4.3 电能的分配	57
4.5 触电事故与触电保护	58
4.5.1 触电事故	58
4.5.2 触电保护	59
4.6 应用实例	60
第5章 变压器	61
5.1 变压器的用途	61
5.2 变压器的分类和基本结构	61
5.2.1 变压器的分类	61
5.2.2 变压器的基本结构	62
5.3 变压器的工作原理	62
5.3.1 变压器的空载运行和电压变换作用	62
5.3.2 变压器的负载运行和电流变换作用	63
5.3.3 变压器的阻抗变换作用	63
5.4 变压器的外特性	64

5.5 变压器的额定值	65
5.6 变压器的功率和效率	66
5.6.1 变压器的功率	66
5.6.2 变压器的效率	66
5.7 变压器的极性	67
5.8 其他类型变压器	67
5.8.1 自耦变压器	67
5.8.2 互感器	68
5.8.3 三相变压器	69
5.9 应用实例	70
5.9.1 涡流的防止及应用	70
5.9.2 电流互感器应用	71
第6章 电动机	72
6.1 电动机概述	72
6.2 三相异步电动机的基本结构	73
6.3 三相异步电动机的工作原理	75
6.3.1 旋转磁场	75
6.3.2 电动机的转动原理	77
6.4 三相异步电动机的转矩特性和机械特性	78
6.4.1 固有特性	79
6.4.2 人为特性	80
6.5 三相异步电动机的使用	80
6.5.1 三相异步电动机的功率传递	80
6.5.2 三相异步电动机的起动	81
6.5.3 三相异步电动机的调速	81
6.5.4 三相异步电动机的制动	82
6.6 三相异步电动机的铭牌数据	82
6.7 其他类型电动机	83
6.7.1 单相异步电动机	83
6.7.2 直流电动机	84
6.7.3 控制电动机	85
6.8 应用实例	86
第7章 电动机自动控制电路	90
7.1 常用低压电器	90
7.2 三相异步电动机的控制	95
7.2.1 直接起动控制电路	95
7.2.2 正反转控制电路	97
7.2.3 行程控制电路	98

7.2.4 时间控制电路	99
7.3 可编程控制器	99
7.3.1 可编程控制器工作原理	99
7.3.2 可编程控制器的编程语言	101
7.4 应用实例	102
第8章 电子器件	104
8.1 半导体基础知识	104
8.1.1 本征半导体	104
8.1.2 杂质半导体	104
8.1.3 PN结	105
8.2 半导体器件	106
8.2.1 普通二极管	106
8.2.2 稳压二极管	108
8.2.3 双极型晶体管	109
8.2.4 场效晶体管	115
8.3 光电显示器件	118
8.3.1 发光二极管	118
8.3.2 光敏二极管	119
8.3.3 光敏晶体管	119
8.3.4 光电耦合器	119
8.3.5 半导体激光器	120
8.4 电子显示器件	120
8.4.1 发光二极管显示器	120
8.4.2 液晶显示器	121
8.4.3 等离子显示器	121
8.4.4 阴极射线显示器	122
8.5 集成电路	122
8.5.1 集成电路简介	122
8.5.2 模拟集成电路	123
8.5.3 数字集成电路	124
8.6 应用实例	124
第9章 分立元件放大电路	126
9.1 双极型晶体管放大电路	126
9.1.1 放大电路工作原理	126
9.1.2 放大电路的静态工作点	128
9.1.3 放大电路的主要性能指标	129
9.2 场效晶体管放大电路	132
9.2.1 增强型 MOS 管共源放大电路	132

9.2.2 耗尽型 MOS 管共源放大电路	133
9.3 多级放大电路的概念	134
9.4 差分放大电路	135
9.4.1 抑制零点漂移原理	135
9.4.2 主要特点	136
9.5 应用实例	136
第 10 章 集成运算放大器	138
10.1 集成运算放大器概述	138
10.1.1 集成运算放大器的组成	138
10.1.2 集成运算放大器电压传输特性及主要参数	139
10.2 理想运算放大器	140
10.2.1 理想运算放大器的条件	140
10.2.2 理想运算放大器的特性	141
10.3 反馈的基本概念	142
10.4 基本运算电路	143
10.4.1 比例运算电路	143
10.4.2 加法运算电路	145
10.4.3 减法运算电路	145
10.4.4 微分运算电路	147
10.4.5 积分运算电路	147
10.5 单限电压比较器	149
10.6 RC 正弦波振荡器	151
10.7 集成运算放大器在使用中应注意的问题	153
10.7.1 集成运算放大器的选用	153
10.7.2 集成运算放大器的消振与调零	154
10.7.3 集成运算放大器的保护	154
10.8 应用实例	155
10.8.1 直流电压表	155
10.8.2 直流电流表	157
第 11 章 直流稳压电源	158
11.1 直流稳压电源的组成	158
11.2 单相不可控整流电路	158
11.2.1 单相半波不可控整流电路	159
11.2.2 单相桥式不可控整流电路	159
11.3 单相可控整流电路	161
11.3.1 晶闸管	161
11.3.2 可控整流电路	161
11.4 滤波电路	162

11.4.1 电容滤波电路(C 滤波电路)	162
11.4.2 电感电容滤波电路(LC 滤波电路)	164
11.4.3 π 型滤波电路	164
11.5 稳压电路	164
11.5.1 稳压二极管稳压电路	164
11.5.2 集成稳压电路	165
11.6 应用实例	166
第 12 章 组合逻辑电路	168
12.1 数字电路预备知识	168
12.1.1 数制	168
12.1.2 逻辑代数及运算	171
12.2 集成门电路	174
12.2.1 基本门电路	174
12.2.2 复合门电路	175
12.3 组合逻辑电路的分析和设计	178
12.3.1 组合逻辑电路的分析	178
12.3.2 组合逻辑电路的设计	180
12.4 加法器	181
12.4.1 半加器	181
12.4.2 全加器	182
12.5 编码器	183
12.5.1 普通编码器	183
12.5.2 优先编码器	185
12.6 译码器与数码显示	186
12.6.1 二进制译码器	186
12.6.2 显示译码器	187
12.7 应用实例	188
第 13 章 时序逻辑电路	191
13.1 基本双稳态触发器	191
13.1.1 输入为低电平有效的基 RS 触发器	191
13.1.2 输入为高电平有效的基 RS 触发器	193
13.2 钟控触发器	193
13.2.1 RS 触发器	194
13.2.2 JK 触发器	196
13.2.3 D 触发器	199
13.2.4 T 触发器	201
13.3 计数器	204
13.3.1 同步二进制减法计数器	205

13.3.2 异步五进制加法计数器·····	206
13.3.3 中规模集成计数器及其应用·····	207
13.4 寄存器·····	209
13.4.1 数码寄存器·····	209
13.4.2 移位寄存器·····	210
13.5 应用实例·····	212
第 14 章 A/D 转换器和 D/A 转换器·····	214
14.1 数模转换器·····	214
14.2 模数转换器·····	216
14.3 应用实例·····	217

第1章 直流电路

电工与电子技术的应用离不开电路,直流电路是电路的基础。本章主要内容为电路的组成与工作状态、电压和电流的参考方向、电路模型、基尔霍夫定律以及基本的电路分析方法,如支路电流法、叠加定理以及等效电源定理等。

1.1 电路的基本概念

电路实际上就是电流流通的路径,是由一些电气设备或元件按照一定方式连接在一起的,目的是要实现某一特定的功能。平常我们所说的电气设备,在电路中被称为电路元件。图 1.1.1 是一个简单的直流电路。



图 1.1.1 简单的直流电路

1.1.1 电路的基本组成

无论多复杂的电路,都包含以下几个最基本的部分:

(1) 电源:能够将其他形态的能量转变为电能的装置。直流电源是能够提供直流电流的电源。例如干电池和可充电电池都是将化学能转换为电能的装置,它们都是直流电源。干电池只能将化学能一次性地转化为电能,而可充电电池又称为蓄电池,可以由充电器充电,充电的过程是将电能转换为化学能并储存起来,使用时,再将化学能转换为电能,因此可以反复充电使用。燃料电池也是一种化学电池,但需要不断添加燃料来维持供电。太阳能电池又称光伏电池,是将太阳能转换为电能的装置。直流发电机是将机械能转换为电流电能的装置,可以获得比电池更充足、更强大的电能。

(2) 负载:是取用电能的设备,是将电能转换成非电形态的能量。例如电灯是将电能转换为光能和少量的热能,电加热器将电能转换为热能,电动机将电能转换为机械能。

(3) 导线:是中间环节,起着连通电路和输送电能的作用,例如各种铜、铝电缆线。

(4) 控制和保护器件:控制电路工作状态以及对电路进行保护的器件或设备,例如熔断器是用于保护的器件,开关是用来控制电路接通和断开的器件。

1.1.2 电路的种类和作用

根据电路的功能可以将电路分为力能电路和信号电路两大类。

(1)力能电路:力能电路的作用是进行能量的传输和转换。电力系统就属于力能电路,如图 1.1.2 所示,发电机产生的电能通过电线输送到各个用户,实现了电能的传输,用户又通过动力、电热及照明等设备实现了电能的转换。力能电路的特点是电压高、电流大、功率大。在研究力能电路时更关注电路中各个部分的功率损耗,即电能传输和转换的效率。



图 1.1.2 电力系统示意图

(2)信号电路:信号电路的作用是实现信号的传递和处理。例如电话机、扩音机、收音机、电视机的电路都属于信号电路。信号电路的特点是电压低、电流小、功率小。一台收音机的功率一般只有几瓦。在研究信号电路时更关注的是效果,即要保证信号的不失真以及传输的速度等。

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电 流

电路中电荷有规则地定向移动形成电流,其方向规定为正电荷流动的方向,其大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量,称为电流强度(简称电流)。

常用的电流单位有安(A)、毫安(mA)、微安(μA)、千安(kA)等。

如果电流的大小和方向不随时间变化,则这种电流称为恒定电流,简称直流(DC),直流电流用大写字母 I 表示。如果电流的大小和方向都随时间进行周期性变化,则称为交流电流,简称交流,交流电流的瞬时值要用小写字母 i 表示。

1.2.2 电 压

电压是指电路中 A 、 B 两点之间的电位差(简称为电压),其大小等于电场力把单位正电荷从电场中 A 点移到 B 点所做的功,一般规定:电压的方向是由高电位“+”指向低电位“-”,因此通常把电压称为电压降。

电压的国际单位制为伏特(V),常用的单位还有毫伏(mV)、微伏(μV)、千伏(kV)等。

如果电压的大小及方向都不随时间变化,称为直流电压,用大写字母 U 表示。如果电压的大小及方向随时间变化,则称为交变电压。最常见的交变电压是正弦交流电压,其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母 u 表示。

1.2.3 电 位

电路中各点位置上所具有的势能称为电位。电路中的电位具有相对性,只有先明确了电路的参考点,电路中其他各点的电位才有意义。电位是指电场力把单位正电荷从电

场中的一点移到参考点所做的功。用符号 V 表示。

电位与电压的单位相同,也是伏特(V)。

选择参考点,将参考点的电位定为零,则所求点的电位就是该点到参考点的电压。所以计算电位的方法与计算电压的方法完全相同。注意:电位值是相对的,改变电路的参考点,则电路中各点的电位也随之改变,但电路中两点间的电压值是固定的,不会因参考点的不同而改变。当电源的一个极接地时,可省略电源不画,而用没有接地极的电位代替电源。

例如图 1.2.1(a)中的电路,可将其改画成用电位代替电源的形式,即图 1.2.1(b)所示的电路。

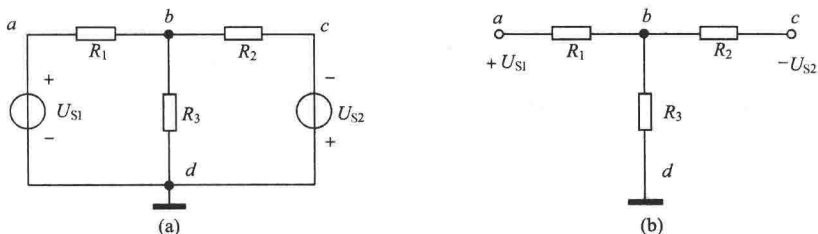


图 1.2.1 电位和参考点

【例 1.2.1】求图 1.2.2(a)所示电路中 a 点电位值。若开关闭合, a 点电位值又为多少?

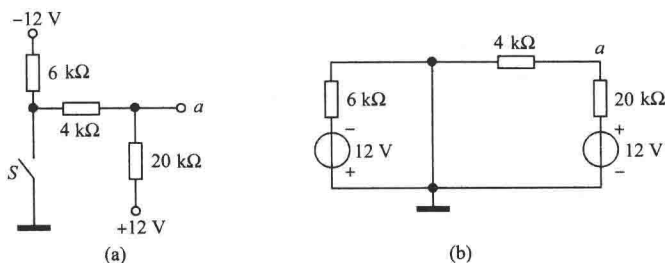


图 1.2.2 例 1.2.1 的电路图

解 S 断开时,三个电阻相串联。串联电路两端点的电压为

$$U = 12 - (-12) = 24 \text{ V}$$

电流方向由 $+12 \text{ V}$ 电源经三个电阻至 -12 V 电源, $20 \text{ k}\Omega$ 电阻两端的电压为

$$U_{20 \text{ k}\Omega} = 24 \times \frac{20}{6+4+20} = 16 \text{ V}$$

根据电压等于两点电位之差可求得

$$V_a = 12 - 16 = -4 \text{ V}$$

开关 S 闭合后,电路相当于图 1.2.2(b)所示电路,即

$$V_a = \frac{4}{4+20} \times 12 = 2 \text{ V}$$

1.2.4 电动势

电动势和电位一样属于一种势能,它反映了电源内部能够将非电能转换为电能的本

领。从电的角度上看,电动势代表了电源力将电源内部的正电荷从电源负极移到电源正极所做的功,是电能累积的结果。电源之所以能够持续不断地向电路提供电流,也是由于电源内部存在电动势的缘故。电动势用符号 E 表示。在电路分析中,电动势的方向规定为由电源负极指向电源正极,即电位升高的方向。

电压、电位和电动势三者单位相同,都是伏特(V),电压和电位是反映电场力做功能力的物理量,电动势则是反映电源力做功能力的物理量;电压和电位既可以存在于电源外部,还可以存在于电源两端,而电动势只存在于电源内部;电压的大小仅取决于电路中两点电位的差值,因此是绝对的量,其方向由电位高的一点指向电位低的一点;电位只有高、低、正、负之分,没有方向,其高、低、正、负均是相对于电路中的参考点而言。

1.2.5 电功率

电路元件或设备在单位时间内吸收或发出的电能称为电功率。两端电压为 U 、通过电流为 I 的任意二端元件或二端网络的功率大小为

$$P=UI$$

功率的国际单位制单位为瓦特(W),常用的单位还有毫瓦(mW)、千瓦(kW)。用电器铭牌上的电功率是它的额定功率,电功率是对用电设备能量转换本领的量度,例如“220 V,100 W”的白炽灯,说明当它两端加上 220 V 的额定电压时,可在 1 秒钟内将 100 焦耳的电能转换成光能和热能。

1.2.6 电 能

电能是指在一定的时间内电路元件或设备吸收或发出的电能量,用符号 W 表示。电能的计算公式为

$$W=P \cdot t=UIt$$

其国际单位制为焦耳(J),通常电能用千瓦小时(kW·h)来表示大小,也称为度(电):
1 度(电)=1 kW·h=3.6×10⁶ J。即功率为 1 000 W 的供能或耗能元件,在 1 小时的时间内所发出或消耗的电能量为 1 度。

1.3 电路的工作状态

电路的主要工作状态有三种,即通路、开路和短路。

1.3.1 通 路

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,进行能量转换或信号处理。在通路的状态下,要掌握以下几个术语:

(1)额定值:是指电气设备在工作时,其电压、电流和功率的一定数值范围,只要电压、电流和功率在这个范围内,电气设备就可以正常工作。我们日常使用的用电器上所标注的电流、电压和功率均是额定值。

(2)额定工作状态:电气设备或元器件在额定功率下的工作状态,也称满载状态。

(3)轻载状态:电气设备或元器件在低于额定功率的工作状态。轻载时电气设备不能