



中国科学院电子信息与通信系列规划教材

电路分析基础

崔晓燕 主编

周慧玲 张 轶 编



科学出版社

www.sciencep.com

中国科学院电子信息与通信系列规划教材

电路分析基础

崔晓燕 主编

周慧玲 张 轶 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统讲述了电路的基本概念、基本理论和基本分析方法。全书共分13章:电路模型和基尔霍夫定律、电路元件及电路的等效变换、线性电路的一般分析方法、电路定理、含有运算放大器的电阻电路、电容和电感元件、电路的瞬态分析、正弦稳态电路分析、三相电路、非正弦周期性激励电路、耦合电感与理想变压器、电路的频率响应、双口网络。附录介绍了有关电路仿真的内容。

本书可与所附光盘和作者前期完成的教育部“新世纪网络课程资源建设工程”项目《电路理论》网络课程配套使用。

本书内容覆盖了教育部最新制定的《电路课程教学基本要求》。书中例题、习题丰富,叙述通俗易懂。适合电气、电子、计算机类专业的本、专科教学使用,也适用于科技人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础/崔晓燕主编;周慧玲,张轶编. —北京:科学出版社,2006
(中国科学院电子信息与通信系列规划教材)
ISBN 7-03-017132-2

I. 电… II. ①崔…②周…③张… III. 电路分析-高等学校-教材
IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 033979 号

责任编辑:巴建芬 贾瑞娜 / 责任校对:宋玲玲
责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年8月第一次印刷 印张:19

印数:1—3 500

字数:355 000

定价:28.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

《中国科学院电子信息与通信系列规划教材》

编委会

顾问：保 铮 中国科学院院士 西安电子科技大学
刘永坦 两院院士 哈尔滨工业大学
陈俊亮 两院院士 北京邮电大学

主任：谈振辉 教授 北京交通大学

副主任：任晓敏 教授 北京邮电大学
梁昌洪 教授 西安电子科技大学
冯正和 教授 清华大学
张文军 教授 上海交通大学
林 鹏 编审 科学出版社

委员：（按姓氏汉语拼音排序）

段哲民 教授 西北工业大学
顾学迈 教授 哈尔滨工业大学
洪 伟 教授 东南大学
焦李成 教授 西安电子科技大学
李少谦 教授 电子科技大学
毛军发 教授 上海交通大学
沈连丰 教授 东南大学
唐朝京 教授 国防科技大学
王成华 教授 南京航空航天大学
王文博 教授 北京邮电大学
徐安士 教授 北京大学
姚 彦 教授 清华大学
严国萍 教授 华中科技大学
杨建宇 教授 电子科技大学
张宏科 教授 北京交通大学
张晓林 教授 北京航空航天大学

秘书：段博原 编辑 科学出版社

丛 书 序

信息技术的高速发展及其广泛应用,使信息技术成为当今国际竞争中最重要、最核心的战略技术。信息技术对经济建设、社会变革、国家安全乃至整个国家的发展起到关键性的作用,它是经济发展的“倍增器”和社会进步的“催化剂”,是体现综合国力的重要标志。在人类历史上,没有一种技术像信息技术这样引起社会如此广泛、深刻的变革。在 20 世纪末和 21 世纪前半叶,信息技术乃是社会发展最重要的技术驱动力,可以说,21 世纪人类已经步入了信息时代。信息产业在世界范围内正在由先导产业逐步变为主导产业。从微观上看,表现为单位产品的价格构成中,能源和材料的消耗减少而信息技术和信息服务的比重上升;从宏观上看,表现为国民生产总值(GDP)中信息产业所占的比重增加。一个国家信息产业的发展水平将是衡量该国社会经济总体发展和现代化程度的重要标志之一。

目前,信息科学已成为世界各国最优先发展的科学之一。党的十六大提出了“加速发展信息产业,大力推进信息化,以信息化带动工业化”的发展战略,以及“优先发展信息产业,在经济和社会领域广泛应用信息技术”的基本国策,使我国信息产业得到了前所未有的重视,信息产业呈现出飞速发展的势头。信息产业的发展离不开信息化人才,信息化人才建设将是信息产业可持续发展的关键。然而,有关调查表明,我国国家信息化指数为 38.46,而信息化人才资源指数仅为 13.43。据权威机构预测,从 2005 年到 2009 年,中国信息行业将以 18.5% 的年复合增长率高速增长,中国信息市场将迎来又一个“黄金年代”。在信息化发展势头的带动下,我国信息化人才缺乏已经成为制约信息产业发展的重要因素。

为了适应新世纪信息学科尤其是电子信息与通信学科的长足发展,在规模上、素质上更好地满足我国信息产业和信息科学技术的发展需要,更好地实现电子信息与通信学科专业人才的培养目标,推进国内信息产业的发展,中国科学院教材建设专家委员会和科学出版社组织电子信息与通信领域的院士、专家、教学指导委员会成员、国家级教学名师及电子信息与通信学科院校的相关领导等组成编委会,共同组织编写这套《中国科学院电子信息与通信系列规划教材》。

本套教材主要面向全国范围内综合性院校电子信息工程、通信工程、信息工程等相关专业的本科生。本套教材的编委会成员具有国内电子信息与通信方面的较高学术水平,他们负责对本套教材的编写大纲及内容进行审定,可使本套教材的质量得以保证。

本套教材主要有以下几方面的特点:

1. 适应多层次的需要。依据最新专业规范,系列教材主要根据教育部最新公布的电子信息与通信学科相关专业的“学科专业规范”和“基础课程教学基本要求”进行教材内容的安排与设置。同时,根据各类型高校学生的实际需要,编写不同层次的教材。

2. 结构体系完备。本套教材覆盖本科、研究生教学层次,各门课程的知识之间相互衔接,以便完整掌握学科基本概念、基本理论,了解学科整体发展趋势。

3. 作者水平较高。我们将邀请设有电子、通信国家重点学科的院校,以及国家级、省级教学名师或国家级、省级精品课程负责人编写教材。

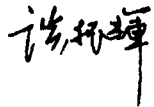
4. 借鉴国外优秀教材。编委会为每门课程推荐一本国外相关的经典原版教材,作为教师编写的参考书。

5. 理论与实际相结合,加强实践教学。教材编写注重案例和实践环节,着力于学生实际动手能力的培养。

6. 教材形式多样。本套教材除主教材外,还配套有辅导书、教师参考书、多媒体课件、习题库及网络课程等。

根据电子信息与通信学科专业发展的战略要求,我们将对本套系列教材不断更新,以保持教材的先进性和适用性。热忱欢迎全国同行以及关注电子信息与通信领域教育及教材建设的广大有识之士对我们的工作提出宝贵意见和建议。

北京交通大学校长



2005年10月

前 言

随着信息技术的迅速发展,电气、电子、计算机类专业设置的新课程不断增加,课程内容不断丰富和更新,使得专业基础课的课时不断被压缩。电路分析基础课程也面临着既要压缩课时,又要保证课程内容的系统性;既要涵盖电路的经典理论,又要融入现代化分析手段等新问题。基于这些问题产生了这本教材。

本书是针对新时期电气、电子、计算机类本、专科教学要求编写的,教材力争简明扼要,理论系统,便于学习者用尽量少的学时掌握电路分析理论。本书由浅入深,易于理解,题例丰富,适用范围广泛。书中内容参照 2004 年教育部颁布的电路课程教学基本要求,结合电气、电子、计算机各专业的需要,系统讲述了电路理论,包括电路基本概念、基本定律、基本定理和分析方法。本书的结构是从电阻电路到正弦交流电路;从直流稳态到瞬态再到交流稳态。随着科学技术的迅速发展,电路分析基础课程应与时俱进,跟随教学改革步伐。因此书中引入了电路的计算机仿真。仿真能够帮助读者更好地理解理论知识,并将理论和实际应用相结合。书中除了列举仿真实例外,各章均配备了相应的仿真练习题,希望通过这些仿真练习,激励读者积极思考,增强对电路基础理论的理解。本书在编写过程中参考了最新出版的国内外著名教材。我们由衷地向著名的电路理论专家和为电路理论的研究做出突出贡献的前辈李瀚荪、邱关源、江辑光、霍锡真、侯自立、许健雷等表示崇高的敬意,他们的工作成果给了我们许多启迪和帮助。

本书出版之前,作者已完成了教育部“新世纪网络课程资源建设工程”项目《电路理论》网络课程的制作,并应用于教学中,该课件和本书所附光盘可与本书配套使用。

全书共分 13 章。崔晓燕编写了第 6、7、8、10、13 章,周慧玲编写了第 5、9、11、12 章和附录,张轶编写了第 1、2、3、4 章初稿,崔晓燕对第 1、2 章初稿进行了修改,周慧玲对第 3、4 章初稿进行了修改。本书的出版得到了刘俊涛、李小东、童颜景同学的大力帮助。

限于水平,书中错误及不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

崔晓燕

2006 年 3 月于北京邮电大学

目 录

丛书序

前言

第 1 章 电路模型和基尔霍夫定律	1
1.1 电路与电路模型	1
1.2 电路分析的基本变量	3
1.2.1 电流及其参考方向	3
1.2.2 电压及其参考极性	4
1.2.3 关联参考方向	4
1.2.4 功率和能量	5
1.3 基尔霍夫定律	7
1.3.1 基尔霍夫电流定律 (Kirchhoff's current law, KCL)	8
1.3.2 基尔霍夫电压定律 (Kirchhoff's voltage law, KVL)	9
1.4 电路的线图	11
1.4.1 图	11
1.4.2 树的概念	12
1.4.3 割集、基本割集、基本回路	13
1.5 KCL 和 KVL 方程的独立性	14
1.5.1 KCL 方程的独立性	15
1.5.2 KVL 方程的独立性	15
1.6 电路的独立变量	16
1.6.1 完备独立电流变量的选取	16
1.6.2 完备独立电压变量的选取	17
习题 1	18
第 2 章 电路元件及电路的等效变换	24
2.1 电阻和独立电源	24
2.1.1 电阻元件	24
2.1.2 独立电源	25
2.2 等效二端网络	28
2.2.1 电阻的串联	29

2.2.2 电阻的并联	29
2.3 T型、II型网络的等效变换	30
2.4 含独立电源网络的等效变换	32
2.4.1 实际电源的两种模型	32
2.4.2 两种电源模型的等效互换	33
2.4.3 只含独立电源电路的等效化简	35
2.4.4 电压源与二端网络 N 并联, 电流源与二端网络 N 串联	36
2.5 受控电源及含受控源电路的分析	38
2.5.1 受控电源	38
2.5.2 含受控源电路的分析	39
习题 2	43
第 3 章 线性电路的一般分析方法	49
3.1 支路电流法、支路电压法	49
3.2 节点电压法	50
3.3 网孔电流法和回路电流法	54
3.4 割集分析法	58
习题 3	60
第 4 章 电路定理	64
4.1 叠加定理	64
4.2 替代定理	67
4.3 戴维南定理和诺顿定理	68
4.3.1 戴维南定理	69
4.3.2 诺顿定理	70
4.3.3 等效内阻 R_{eq} 的计算	72
4.4 特勒根定理	76
4.5 互易定理	78
4.6 对偶原理	81
习题 4	81
第 5 章 含有运算放大器的电阻电路	88
5.1 运算放大器的电路模型	88
5.2 比例电路的分析	90
5.3 含有理想运算放大器电路的分析	92
习题 5	95

第 6 章 电容元件和电感元件	99
6.1 电容元件	99
6.2 电容的伏安特性	100
6.3 电容的储能	101
6.3.1 电容的能量公式	101
6.3.2 总结和举例	102
6.4 电感元件	104
6.5 电感的伏安特性	105
6.6 电感的储能	106
6.7 电容、电感的串、并联	107
6.7.1 电容的串、并联	107
6.7.2 电感的串、并联	108
习题 6	109
第 7 章 电路的瞬态分析	112
7.1 换路定则和初始值	112
7.1.1 换路定则	112
7.1.2 电路的初始值计算	113
7.2 一阶电路的零输入响应	114
7.2.1 RC 电路的零输入响应	115
7.2.2 RL 电路的零输入响应	116
7.2.3 一阶电路的时间常数	118
7.3 一阶电路的零状态响应	118
7.3.1 RC 电路的零状态响应	118
7.3.2 RL 电路的零状态响应	120
7.4 一阶电路的全响应	121
7.5 求解一阶电路的三要素公式	123
7.6 RC、RL 微分电路与积分电路	126
7.6.1 RC、RL 微分电路	126
7.6.2 RC、RL 积分电路	129
* 7.7 突变情况介绍	130
7.8 二阶电路的零输入响应	132
7.9 二阶电路的零状态响应	137
习题 7	140

第8章 正弦稳态电路分析	147
8.1 引言	147
8.2 正弦信号	148
8.2.1 正弦信号的三个特征量	148
8.2.2 相位差	149
8.2.3 有效值	150
8.3 正弦信号的相量表示	151
8.3.1 复数及其运算法则	151
8.3.2 正弦量的相量表示	153
8.4 基尔霍夫定律的相量形式	155
8.5 电阻、电感、电容元件伏-安关系的相量形式	157
8.5.1 电阻元件伏-安关系的相量形式	157
8.5.2 电感元件伏-安关系的相量形式	158
8.5.3 电容元件伏-安关系的相量形式	159
8.6 阻抗和导纳	160
8.6.1 阻抗	160
8.6.2 导纳	162
8.6.3 阻抗、导纳串、并联电路	163
8.7 正弦稳态电路的分析	165
8.8 正弦稳态电路的功率	167
8.8.1 瞬时功率	167
8.8.2 平均功率	168
8.8.3 无功功率	169
8.8.4 视在功率和功率因数	170
8.8.5 复功率	170
8.9 最大功率传输	172
习题8	175
第9章 三相电路	181
9.1 对称三相电源	181
9.2 对称三相电路	184
9.3 对称三相电路的计算	186
9.3.1 Y-Y连接的对称三相电路	186
9.3.2 Y- Δ 连接的对称三相电路	187

9.3.3 $\triangle$ - $\triangle$ 连接的对称三相电路	188
9.3.4 $\triangle$ -Y 连接的对称三相电路	189
9.4 不对称三相电路的概念	190
9.5 三相电路的功率及其测量	192
9.5.1 三相电路的功率	192
9.5.2 三相电路功率的测量	194
习题 9	196
第 10 章 非正弦周期性激励稳态电路的分析	200
10.1 非正弦周期信号	200
10.2 周期函数展成傅里叶级数	200
10.3 有效值和平均功率	204
10.3.1 有效值	204
10.3.2 平均功率	205
10.4 非正弦周期激励电路的分析	206
习题 10	208
第 11 章 耦合电感与理想变压器	211
11.1 耦合电感的伏-安关系	211
11.2 耦合电感的串、并联和去耦等效电路	217
11.2.1 耦合电感的串联	217
11.2.2 耦合电感的并联	218
11.2.3 耦合电感的去耦等效电路	219
11.3 含耦合电感的电路分析	220
11.4 空心变压器	224
11.5 理想变压器	226
11.6 全耦合变压器	230
11.7 实际变压器模型	232
习题 11	233
第 12 章 电路的频率响应	240
12.1 网络函数	240
12.2 RC 电路的频率特性	241
12.2.1 RC 低通电路	241
12.2.2 RC 高通电路	243
12.2.3 RC 串、并联电路	244

12.3 串联谐振电路·····	245
12.4 并联谐振电路·····	250
习题 12 ·····	253
第 13 章 双口网络 ·····	257
13.1 双口网络·····	257
13.2 双口网络的方程和参数·····	258
13.2.1 Z 参数方程 ·····	258
13.2.2 Y 参数方程 ·····	259
13.2.3 H 参数方程 ·····	259
13.2.4 A 参数方程 ·····	260
13.2.5 双口网络参数间的相互换算 ·····	263
13.3 双口网络的等效电路·····	265
13.3.1 Z 参数等效电路 ·····	265
13.3.2 Y 参数等效电路 ·····	266
13.4 双口网络的连接·····	267
13.4.1 串联 ·····	267
13.4.2 并联 ·····	268
13.4.3 级联 ·····	268
13.4.4 双口网络的串、并联和并、串联 ·····	269
13.5 双口网络的特性阻抗和传输常数·····	271
13.5.1 双口网络的特性阻抗 ·····	271
13.5.2 双口网络的传输常数 ·····	273
13.6 回转器和负阻抗变换器·····	273
13.6.1 回转器·····	273
13.6.2 负阻抗变换器 ·····	275
习题 13 ·····	276
参考文献 ·····	279
附录 电路的仿真 ·····	280
一、Multisim 7 的界面介绍·····	281
二、Multisim 7 的电路仿真的分析工具·····	287
三、定制 Multisim 7 的用户界面 ·····	288
四、建立电路·····	289

第 1 章 电路模型和基尔霍夫定律

电路分析的内容主要是对电路中的电磁现象和过程的分析,对电路定律、定理及电路分析方法的研究等。这些知识是认识和分析实际电路的理论基础,更是分析和设计电路的重要工具。

电路理论包括电路分析和电路综合,电路分析研究在给定电路结构与元件参数的情况下,如何分析输入(激励)与输出(响应)之间的关系。而电路综合研究在给定电路系统的传输特性(输入与输出之间的关系)时,如何设计合乎要求的电路结构和元件参数。由此可见,电路分析是基础,而电路综合是应用电路理论构建实际电路系统,是对电路知识更进一步、更全面的应用。本书只讨论电路分析的相关内容。

本章主要讨论电路分析中的一些基本概念:电路模型的定义;电路分析的基本变量;分析电路的基本定律——基尔霍夫定律。

1.1 电路与电路模型

日常生活中人们可以接触到各类实际电路,这些电路的功能千差万别,结构各异。例如,毫米级大小的集成电路芯片可以完成极其复杂的功能,发电厂电力传送电路可以延展几十甚至上百公里等。

电路就是电流所通过的路径,它是由不同类型的元器件按一定方式组合而成,从而实现不同的功能。电路由电源(信号源)、负载、传导和控制部分组成,如手电筒就是日常生活中最简单的一个电路例子,如图 1-1(a)所示,其中,干电池是电源部分,将化学能转化为电能,电灯泡是负载部分,将电能转化为热量消耗掉,而导线将负载和电源连接起来组成通路,开关则控制电路的通断。

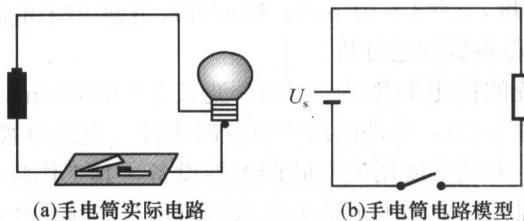


图 1-1 手电筒

构成实际电路的元件有电阻器、电容器、电感器、电源设备等，人们研制出这些元件的目的就是用来实现某种物理特性。例如，电阻器主要利用其对电流呈现阻力的电性质，连接导体主要利用其优良的导电性能等。但是，这些元件在表现出其主要特性时往往还同时存在其他次要电磁特性。比如，一个实际电阻器由于其实际构造的原因，有电流流过时，除了具有消耗电能的主要特性外，还会产生磁场效应，因而还具有电感的性质；一个实际电感线圈通过电流时，在储存和交换磁场能量的同时还存在有分布电容及热效应，因而具有主要的电感性质和次要的电容和电阻的性质。

由此可见，如果从理论上研究分析各种电路问题，通常要对实际问题进行适当简化与假设。对于各种实际的电路元件，在一定条件下，忽略其次要性质，用一个表征其主要物理特性的理想化模型来表示，即理想元件。例如，对于理想电阻元件，简称为电阻，只表征消耗电能的性质；对于理想电感元件，简称为电感，只表征储存和释放磁场能量的特性；对于理想电容元件，简称为电容，只表征储存和释放电场能量的特性。它们的电路符号见图 1-2。本书研究的电路元件，如未特别说明，均指的是理想元件。由理想元件组成的电路称为电路模型，对于图 1-1 (a) 所示的实际手电筒电路，图 1-1 (b) 就是其对应的电路模型。电路分析的对象是电路模型。

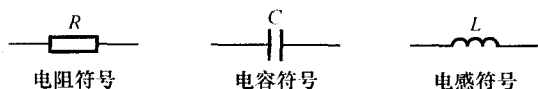


图 1-2 理想元件的电路符号

电路分析是以“集总假设”为前提条件的，如果假设每种理想元件都只表示一种基本物理现象且可用数学方法精确定义，并且元件特性集中在空间的一点上而忽略元件实际体积和大小，这种假设称为集总假设，满足集总假设的元件称为集总参数元件。由集总参数元件构成的电路称为集总参数电路。

设元件尺寸为 L ，电路的工作频率为 f ，对应的波长 λ ，即

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1-1)$$

其中， c 为电磁波速度， $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。当元件尺寸远小于电路的工作波长，即 $L \ll \lambda$ 时，电路按集总参数理论分析。

例如，电力系统的供电频率为 50 Hz ，波长 $\lambda = 6000 \text{ km}$ ，在此工作频率下，电路实验的元件尺寸 $L \ll \lambda$ ，元件的尺寸可忽略不计，电路可视为集总参数电路。

在微波电路中，如经常使用的空腔谐振器设备，其工作频率通常在几千至几十万兆赫，则 λ 范围在几个厘米至几个毫米之间，与实际元件尺寸在同一数量级上，因而不能使用集总参数，而要用分布参数理论去研究有关问题。

本书只讨论集总参数电路。

1.2 电路分析的基本变量

电路的电特性通常可以用电路的变量来描述,电路分析的任务就是求得这些变量。电路的变量有电流、电压、电荷、磁链、功率及能量等,常用的变量有电流、电压和功率,分别记为 $i(t)$ 、 $u(t)$ 和 $p(t)$ 。本节只讨论电路常用的变量。

1.2.1 电流及其参考方向

电流强度,简称电流,定义为单位时间通过导体横截面的电荷量,即

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

其中,电荷的单位是库仑 (C); 电流的单位为安培 (A), 1 安培=1 库仑/秒。常用的电流单位还有 mA、 μA , $1\text{A}=1000\text{mA}$, $1\text{mA}=1000\mu\text{A}$ 。

大小和方向均不随时间变化的电流是恒定电流或称直流电流,可用大写字母 I 表示。

习惯规定正电荷移动的方向为电流的真实方向。在简单的单一回路电路中,很容易判定电流的真实方向,如图 1-3 (a) 所示,但对于较为复杂的电路 [见图 1-3 (b)] 很难一下确定 R 支路上的真实电流方向。再者,电流的实际方向可能随时间而变化,如何表示电流的瞬时方向? 因此为了便于分析,可以先任意假设一个电流的流向,这个假设的方向称为参考方向或正向。在参考方向下,计算出的电流值为正,即 $i > 0$, 说明真实方向与假设的参考方向一致; 如果为负,即 $i < 0$, 则说明真实方向与参考方向相反。初学电路,需要强调以下两点。

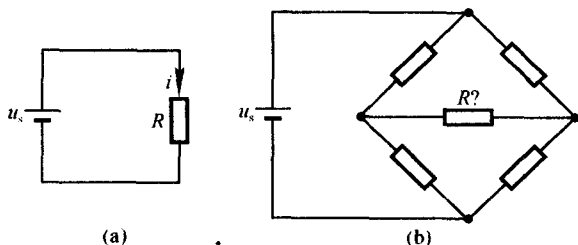


图 1-3 电流参考方向示意

(1) 如果某支路上未事先标注电流参考方向,则讨论该支路通过电流的正负是毫无意义的,电流的正负必须对应特定的参考方向才有实际意义。因此,在以后求解电路过程中,若题目没有给出支路电流的参考方向而解题时又必须用到,则应该首先标明电流的参考方向。

(2) 电流的参考方向是任选的, 一经选定则不再变更, 而电流的真实方向则由最终计算结果的正负判定。

1.2.2 电压及其参考极性

电路中 a 、 b 两点间的电压定义为单位正电荷由 a 点移到 b 点所获得或失去的能量, 即

$$u(t) = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

如果正电荷由 a 移到 b 失去能量, a 点为高电位, b 点为低电位, 即 a 为正极, b 为负极。若由 a 移到 b 获得能量, a 点为低电位, b 点为高电位, 即 a 为负极 b 为正极。

大小和极性均不随时间变化的电压是恒定电压或称直流电压, 可用 U 表示。

电压单位为伏特 (V), 1 伏特 (V) = 1 焦耳 (J)/库仑 (C)。电压常用单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV), 1kV = 1000V, 1V = 1000mV。

电路中, 电压等于两点间的电位差。对于

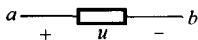


图 1-4, a 、 b 两点间的电压为

$$u_{ab} = u_a - u_b \quad (1-4)$$

图 1-4 电压的参考极性表示

电路中的电位是相对电路中设定的参考电位而言的, 若电路中某一点被设定为参考点 (电位为零), 那么电路中各点的电位即为该点到参考点的电压。

电位的高低随参考点的选取而变化, 而某两点间的电压不会随参考点的不同而改变。

电压的实际极性是由高电位端指向低电位端。在未知某电压真实极性的情况下, 也要为电压先规定参考极性。参考极性是人为假设的, 如图 1-4 所示, 计算结果若为正值, 即 $u > 0$, 表明电压的真实极性与参考极性相同; 若为负值, 即 $u < 0$, 则表明电压的真实极性与参考极性相反。

1.2.3 关联参考方向

电流的参考方向与电压的参考极性是任意假设的。当电流的参考方向由电压参考极性的正极指向负极时, 称为关联参考方向, 如图 1-5 (a) 所示, 反之, 则称为非关联参考方向, 如图 1-5 (b) 所示。

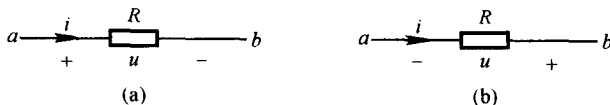


图 1-5 关联参考方向与非关联参考方向示意