



电 路

「(第四版)」

全析精解

范世贵 等编

西北工业大学出版社

电 路

(第四版)

全 析 精 解

范世贵 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是以邱关源主编《电路》(第4版)教材为蓝本而编写的电路(电路基础)课程的学习参考用书。全书内容共18章,每章均由4部分组成:内容点睛、常考题型、考试考研指点、习题精解。另有两个附录。

本书可作为教师、学生、考生的教学、学习、考试考研辅导用书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路(第4版)全析精解/范世贵编. —西安:西北工业大学出版社,2004.12

(全析精解)

ISBN 7-5612-1841-9

I. 电… II. 范… III. 电路—高等学校—解题 IV. TM13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 101841 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072 电话:(029) 88493844

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西新华印刷厂

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:20.25

字 数:673 千字

版 次:2005年1月第1版 2005年1月第1次印刷

定 价:27.00 元

电路(电路基础)课程是电子、通信、电力、自动化、计算机、自动控制、信号与信息处理等专业、学科的一门重要技术基础课。它主要研究电路理论的基本概念、基本定律、基本定理与基本分析方法及其在工程中的应用,并结合实验,培养仪器仪表使用、电路操作、测试和科学实验能力。学好这门课程对于打好基础,培养能力,发展智力,培养良好的非智力素质,培养科学研究与技术研究的方法论,有着十分重要的作用。电路课的特点是课程内容的容量大,内涵丰富,理论性强,系统性强,应用的数学知识多,习题的类型多,习题的计算量大,学好这门课程的难度较大。因此广大学生很需要一本良好的自学指导读物。电路课还是以上各专业、学科研究生招生考试的必考课程,广大考生也十分需要一本简明、实用、有效的复习用书。为了适应以上这些需要,我们在长期教学实践的基础上编著此书,供教学、学习和考试考研之用。

邱关源主编、高等教育出版社出版的《电路》(第4版)是国家级重点教材,为众多的高校所选用。

我们编写此书是以该书的内容、结构体系、章节顺序为蓝本,并对该书的习题进行了精解。但由于本书是对电路理论课程普遍适用的学习参考用书,因此本书对于不同高校所选用的其他版本的电路(电路基础)

教材也同样适用。

全书内容共 18 章,各章的内容和章节顺序与《电路》(第 4 版)相对应。每章内容均由 4 部分组成:内容点睛,常考题型,考试考研指点,习题精解。书后有两个附录。本书可作为在校本科、专科大学生学习电路(电路基础)课程的自学指导用书,对报考研究生的人员进行系统复习尤为适用;也可作为广大教师的良好教学参考用书。

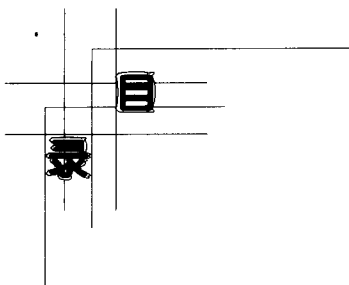
本书渗注了编者对电路理论课程内容深度、新度、广度、量度的把握和理解,对长期教学实践经验的凝结与升华,对研究生招生考试规律的认识、研究与探索。古人云:“君子爱人,必教之以其方。”本书会教你“博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃学之。”好书凭借力,送君上青云。莘莘学子用此书,会学业有成,出类拔萃;广大考生用此书,会金榜题名,鹏程万里;广大教师用此书,会桃李芬芳,英才神州。

本书在编写中参阅了大量的书籍以及试题库试题,均在书后的参考书目中一一列出,编者谨表诚挚谢意。

书中不妥和不完善之处在所难免,敬请赐教。来信请寄西北工业大学电子信息工程学院。

编 者

2004 年 3 月



目 录

第 1 章 电路模型和电路定律	1
1.1 内容点睛	1
1.2 常考题型	15
1.3 考试考研指点	22
1.4 习题精解	26
第 2 章 电阻电路的等效变换	43
2.1 内容点睛	43
2.2 常考题型	54
2.3 考试考研指点	60
2.4 习题精解	62
第 3 章 电阻电路的一般分析	76
3.1 内容点睛	76
3.2 常考题型	80
3.3 考试考研指点	87
3.4 习题精解	92
第 4 章 电路定理	113
4.1 内容点睛	113
4.2 常考题型	120

II 电路全析精解

4.3 考试考研指点	131
4.4 习题精解	137
第5章 含有运算放大器的电阻电路	161
5.1 内容点睛	161
5.2 常考题型	162
5.3 考试考研指点	165
5.4 习题精解	168
第6章 一阶电路	176
6.1 内容点睛	176
6.2 常考题型	187
6.3 考试考研指点	197
6.4 习题精解	201
第7章 二阶电路	234
7.1 内容点睛	234
7.2 常考题型	238
7.3 考试考研指点	242
7.4 习题精解	246
第8章 相量法	261
8.1 内容点睛	261
8.2 常考题型	267
8.3 考试考研指点	272
8.4 习题精解	273
第9章 正弦稳态电路分析	285
9.1 内容点睛	285

9.2	常考题型	293
9.3	考试考研指点	301
9.4	习题精解	305
10 章	含有耦合电感的电路	347
10.1	内容点睛	347
10.2	常考题型	354
10.3	考试考研指点	359
10.4	习题精解	364
11 章	三相电路	381
11.1	内容点睛	381
11.2	常考题型	386
11.3	考试考研指点	392
11.4	习题精解	395
12 章	非正弦周期电流电路和信号的频谱	414
12.1	内容点睛	414
12.2	常考题型	417
12.3	考试考研指点	421
12.4	习题精解	426
13 章	拉普拉斯变换	441
13.1	内容点睛	441
13.2	常考题型	447
13.3	考试考研指点	454
13.4	习题精解	456

第 14 章 网络函数	481
14.1 内容点睛	481
14.2 常考题型	484
14.3 考试考研指点	493
14.4 习题精解	496
第 15 章 电路方程的矩阵形式	516
15.1 内容点睛	516
15.2 常考题型	521
15.3 考试考研指点	525
15.4 习题精解	528
第 16 章 二端口网络	553
16.1 内容点睛	553
16.2 常考题型	558
16.3 考试考研指点	564
16.4 习题精解	569
第 17 章 非线性电路简介	584
17.1 内容点睛	584
17.2 常考题型	586
17.3 考试考研指点	589
17.4 习题精解	594
第 18 章 均匀传输线	605
18.1 内容点睛	605
18.2 常考题型	611
18.3 考试考研指点	618

18.4 习题精解	620
附录 考试考研真题	627
附录一 西北工业大学电路基础课期末考试题	627
附录二 西安交通大学研究生招生电路课程考试题	631
参考书目	636

第1章

电路模型和电路定律

1. 内容点

一、电路与电路模型

1. 电路

将电气设备和电器元件根据功能要求按一定方式连接起来而构成的集合体,称为电路。或简单地讲,电流流通的路径称为电路。

2. 实际电路

把各种实际的电路元件连接而成的电路,称为实际电路。

3. 理想电路与电路模型

把各种理想的电路元件连接而成的电路,称为理想电路,理想电路也称为电路模型。电路理论中研究的电路都是理想电路,即电路模型。

4. 电路的功能

电路的功能有二:① 实现电能的产生、传输、分配和转化;② 实现电信号的产生、传输、变换和处理。在这两个功能中,前者矛盾的主要方面是“电能”,后者矛盾的主要方面是“电信号”。

二、电流和电压的参考方向

1. 电流

(1) 定义:电荷的定向移动形成电流。

(2) 电流的大小(即电流强度):单位时间内通过导体横截面的电量,即

$$i = \frac{dq}{dt}$$

(3) 电流的实际方向:人们已取得共识与认同,规定正电荷定向移动的方向为电流的实际方向。

2 电路全析精解

(4) 电流的参考正方向(简称参考方向):电路中电流的实际方向,人们在对电路未进行分析计算之前是未知的,因此,为了对电路进行分析计算和列写电路方程,就需要对电流设定一个参考方向。若所求得的 $i > 0$,就说明电流的实际方向与参考方向相同;若所求得的 $i < 0$,就说明电流的实际方向与参考方向相反。可见,电流是一个标量(代数量)。

电路图中电流的方向恒为参考方向。

2. 电位与电压

(1) 电位的定义:电场力把 1 C (库[仑])的正电荷,从电场中的 a 点沿任意路径移动到无穷远处(该处的电场强度为零),电场力所做功的 J (焦[尔])数,称为电场中 a 点的电位,用 φ_a 表示,单位为 V (伏[特])。

(2) 电压的定义:电场中 a, b 两点的电位之差称为 a, b 两点之间的电压,即

$$u_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$$

若 $u_{ab} > 0$,则 a 点的实际电位就高于 b 点的实际电位;若 $u_{ab} < 0$,则 a 点的实际电位就低于 b 点的实际电位;若 $u_{ab} = 0$,则 a, b 两点的实际电位相等。可见,电压 u_{ab} 也是一个标量(代数量)。

(3) 电压的实际“+”、“-”极性。人们已取得共识与认同,把实际电位高的点标以“+”极,把实际电位低的点标以“-”极。

(4) 电压的参考“+”、“-”极性,简称参考极性。电路中电压的实际“+”、“-”极性,人们在对电路未进行分析计算之前是未知的,因此,为了对电路进行分析计算和列写电路方程,就需要对电压设定一个参考“+”、“-”极性。

电路图中的“+”、“-”极性恒为参考极性。

3. 电流与电压的关联参考方向

对一个确定的电路元件或支路而言,若电流的参考方向是从电压参考极性的“+”流向“-”,则称电流与电压为关联参考方向,简称关联方向,否则即为非关联方向。如图 1.1 所示电路,对电路 A 而言, u 与 i 为非关联方向;对电路 B 而言, u 与 i 为关联方向。

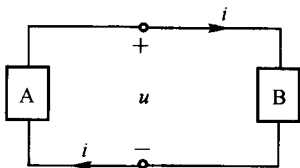


图 1.1 关联方向的定义

三、电功率与电能

1. 电功率的定义

电场力在单位时间内所做的功,称为电功率,即

$$P(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

电功率也简称功率。功率 $P(t)$ 是描述电场力做功快慢的物理量。为了简便,以后把 $P(t)$ 简写为 P 。

2. 电功与电能量

电场力在时间区间 $t \in [0, t]$ 内所做的功,称为电功,也称电能量,即

$$W(t) = W = \int_0^t P(\tau) d\tau$$

3. 电路元件的功率

描述电路元件的功率可以有两种定义:“吸收功率”与“发出功率”。对同一个电路元件而言,“吸收的功率”与“发出的功率”互为相反数,即 $P_{\text{吸}} = -P_{\text{发}}$ 或 $P_{\text{发}} = -P_{\text{吸}}$ 。

如图 1.2(a) 所示的电路中,若电压 u 与电流 i 为关联方向,用“吸收功率”描述,则电路元件吸收的功率为

$$P_{\text{吸}} = ui$$

当 $P_{\text{吸}} > 0$ 时,说明电路元件实际是吸收功率;当 $P_{\text{吸}} < 0$ 时,说明电路元件实际是发出功率。

若用“发出功率”描述,如图 1.2(a) 所示电路元件发出的功率为

$$P_{\text{发}} = -ui$$

当 $P_{\text{发}} < 0$ 时,则说明电路元件实际是吸收功率;当 $P_{\text{发}} > 0$ 时,则说明电路元件实际是发出功率。

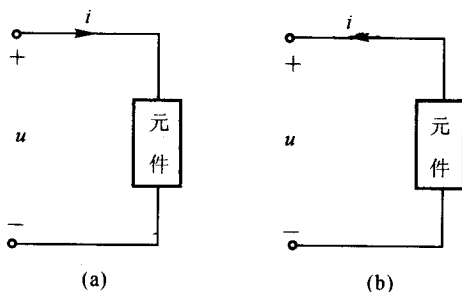


图 1.2 电路元件的功率

如果电压 u 与电流 i 为非关联方向,如图 1.2(b) 所示,用“吸收功率”的定

义描述,则电路元件吸收的功率为

$$P_{\text{吸}} = -ui$$

当 $P_{\text{吸}} > 0$ 时,则说明电路元件实际是吸收功率;当 $P_{\text{吸}} < 0$ 时,则说明电路元件实际是发出功率。

若用“发出功率”的定义描述,则图 1.2(b) 所示电路元件发出的功率为

$$P_{\text{发}} = ui$$

当 $P_{\text{发}} < 0$ 时,则说明电路元件实际是吸收功率;当 $P_{\text{发}} > 0$ 时,则说明电路元件实际是发出功率。

因为 u 与 i 都是标量(代数量),故电功率 $P = ui$ 或 $P = -ui$ 也是标量。

四、电阻元件与欧姆定律

1. 定义

对于实际的电阻器,若只考虑它的热效应而不考虑它的磁场效应与电场效应,即可视为理想电阻元件,简称电阻元件,其电路模型如图 1.3 所示,它是一个二端电路元件。

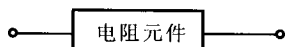


图 1.3 电阻元件

2. 线性电阻元件与欧姆定律

若电阻元件的电压 u 与电流 i 的关系曲线(称为伏安关系曲线),为通过 $u-i$ (或 $i-u$) 平面上坐标原点的直线,如图 1.4(a), (b) 所示,则称此电阻元件为线性电阻元件,简称线性电阻。线性电阻元件有如下的性质:

(1) 直线的斜率为电阻元件的电阻值 R ,即

$$\tan\alpha = \frac{u}{i} = R = \text{定值}$$

这样就可用一个电阻 R 来作为电阻元件的电路模型,如图 1.4(c) 所示。

当 α 为锐角时(见图 1.4(a)), $\tan\alpha = R > 0$,电阻为正电阻,正电阻为消耗电能的元件。当 α 为钝角时(见图 1.4(b)), $\tan\alpha = R < 0$,电阻为负电阻,负电阻为产生电能的元件。

电阻 R 的倒数 G 称为电导,即

$$G = \frac{1}{R}$$

(2) $u-i$ 关系曲线关于坐标原点对称,这说明线性电阻元件具有双向性。因此在使用线性电阻元件时,它的两个引出端是没有区别的,在电路中可以任意

连接。

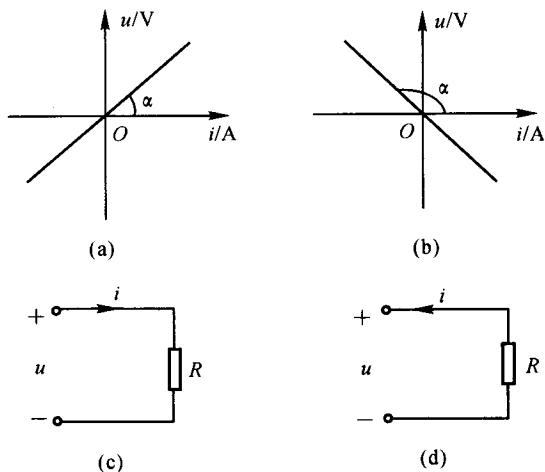


图 1.4 线性电阻元件及其电路符号

(3) 其伏安关系遵循欧姆定律。对于图 1.4(c) (u 与 i 为关联方向), 欧姆定律为

$$u = Ri \quad \text{或} \quad i = \frac{1}{R}u = Gu$$

但若对于图 1.4(d) (u 与 i 为非关联方向), 则欧姆定律为

$$u = -Ri \quad \text{或} \quad i = -\frac{1}{R}u = -Gu$$

可见, 欧姆定律方程中等号右端是取“+”号还是取“-”号, 是与电压 u 的参考极性与电流 i 的参考方向的设定有关。

3. “不言而喻”

在电路分析中, 为了叙述的简便, 人们往往并不把电阻 R 中电流 i 的参考方向与其两端电压 u 的参考极性同时都设定出来, 而是只设定出两者中之一, 如图 1.5 所示, 此时“不言而喻”, 就认定 u 与 i 或 i 与 u 恒是关联方向, 即 $u = Ri$ 。

4. 线性电阻元件的功率与能量

(1) 功率: 当 u 与 i 为关联方向时 (见图 1.4(c)), 电阻 R 吸收的功率为

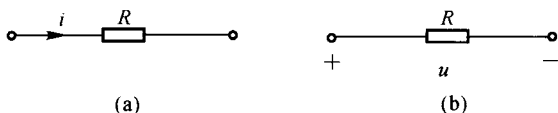


图 1.5 “不言而喻”的意义

$$P = ui = Ri^2 = \frac{1}{R}u^2$$

当 u 与 i 为非关联方向时(见图 1.4(d)),电阻 R 吸收的功率为

$$P = -ui = Ri^2 = \frac{1}{R}u^2$$

从上两式都可看出,当电阻元件为正电阻(即 $R > 0$) 时,恒有 $P > 0$,即正电阻恒为消耗功率的元件;当电阻元件为负电阻(即 $R < 0$) 时,恒有 $P < 0$,即负电阻恒为发出功率的元件。

(2) 电能:电阻元件在时间区间 $t \in [0, t]$ 内吸收的能量为

$$W(t) = \int_0^t P(\tau) d\tau = \int_0^t R[i(\tau)]^2 d\tau = R \int_0^t [i(\tau)]^2 d\tau$$

可见,当 $R > 0$ 时,恒有 $W(t) > 0$,即正电阻元件恒为消耗电能的元件,它把所吸收的电能转化为热能;当 $R < 0$ 时,恒有 $W(t) < 0$,即负电阻元件恒为产生电能的元件。

五、电容元件

1. 定义

对于实际的电容器,若只考虑它的电场效应而不考虑它的热效应与磁场效应,即可视为理想电容元件,简称电容元件,其电路模型如图 1.6(a) 所示,它是一个二端电路元件。

2. 电容

单位电压所储存的电量称为电容元件的电容量,简称电容,即

$$C = \frac{q(t)}{u(t)}$$

电容 C 描述了电容元件储存电荷的能力。

3. 线性电容元件

若电容元件的电量 $q(t)$ 与电压 $u(t)$ 的关系曲线(称为库伏特性曲线)为通过 $q-u$ 平面上坐标原点的直线,如图 1.6(b) 所示,则此电容元件称为线性电容

元件,直线的斜率为电容 C ,即

$$\tan\theta = \frac{q(t)}{u(t)} = C$$

故有

$$q(t) = Cu(t)$$

线性电容元件 C 为一常量,与电量 $q(t)$ 和电压 $u(t)$ 无关,其电路模型如图 1.6(c), (d) 所示。

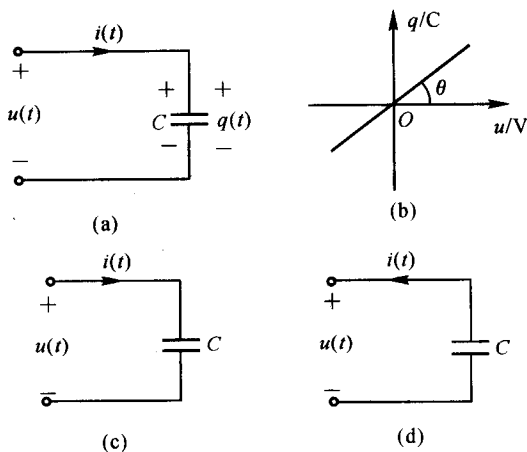


图 1.6 线性电容元件及其电路符号

4. 伏安关系

如图 1.6(c) 所示,设线性电容元件两端的电压 $u(t)$ 与其中的电流 $i(t)$ 为关联方向,则其伏安关系为微分关系

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C \frac{du(t)}{dt}$$

这说明电容元件为一动态元件,也称记忆元件。

如果 $u(t)$ 与 $i(t)$ 为非关联方向,如图 1.6(d) 所示,则其伏安关系为

$$i(t) = -C \frac{du(t)}{dt}$$

5. 电场能量

不管 $u(t)$ 与 $i(t)$ 是关联方向还是非关联方向,电容元件的电场能量均为

$$W(t) = \frac{1}{2} C [u(t)]^2$$