



电 路

【高教·第五版】

范世贵 编

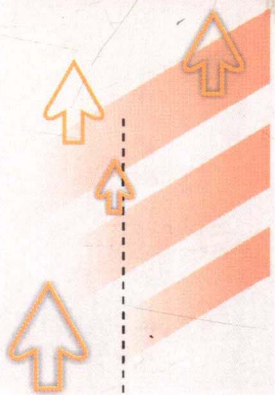
●重点、难点全析 ●常考题型解析 ●习题全解

(第2版)

西北工业大学出版社



全析 精解



TM1/11=5A1

2007



电 路

(高教·第五版)

全 析 精 解

(第2版)

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的《电路》(第5版,高等教育出版社)教材为蓝本而编写的学习参考用书。全书共18章,每章均由重点、难点全析,常考题型解析,习题全解三部分组成。附录中提供了两套电路考试考研真题。

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

电路全析精解/范世贵编. 2版. —西安:西北工业大学出版社,
2007.10

(全析精解)

ISBN 978-7-5612-1841-9

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 88491757

网址:www.nwpup.com

印刷者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开本:850 mm×1 168 mm 1/32

印张:17.5

字数:587 千字

版次:2007 年 10 月第 2 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

定价:23.00 元

前 言

电路(电路基础)课程是电子、通信、自动化、计算机、自动控制、信号与信息处理等专业的一门重要技术基础课程。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实践中的应用,并结合实验培养学生电路操作、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,培养创新思维意识,培养科学研究与技术创新能力,有着十分重要的作用。

这门课程的特点是内容的容量大,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,计算量大;因此,学好这门课程的难度较大,广大学生很需要一本良好的自学指导读物。电路课程也是以上各专业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写了本书,供教学、学习和考试考研之用。

邱关源主编的《电路》(第5版,高等教育出版社)是国家级重点教材,为众多的高校所选用。本书是以该书为蓝本,并对该书的习题进行了全解。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。

全书共18章,章节顺序和内容体系与《电路》(第5版,高等教育出版社)相一致。每章内容均由重点、难点全析,常考题型解析,习题全解三部分组成。书后附录中提供了两套电路考试考研真题。

本书倾注了编者对电路课程内容深度、新度、广度、量度的把握和理解,是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；芸芸考生用此书，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。

本书可作为在校本科、专科大学生电路(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，对此谨表诚挚的谢意。

编 者

2007年5月

目 录

第 1 章 电路模型和电路定律	1
1.1 重点、难点全析	1
1.2 常考题型解析	6
1.3 习题全解	13
第 2 章 电阻电路的等效变换	26
2.1 重点、难点全析	26
2.2 常考题型解析	28
2.3 习题全解	33
第 3 章 电阻电路的一般分析	47
3.1 重点、难点全析	47
3.2 常考题型解析	49
3.3 习题全解	59
第 4 章 电路定理	76
4.1 重点、难点全析	76
4.2 常考题型解析	80
4.3 习题全解	96
第 5 章 含有运算放大器的电阻电路	120
5.1 重点、难点全析	120
5.2 常考题型解析	123

5.3 习题全解	128
第6章 储能元件	133
6.1 重点、难点全析	133
6.2 常考题型解析	134
6.3 习题全解	137
第7章 一阶电路和二阶电路的时域分析	145
7.1 重点、难点全析	145
7.2 常考题型解析	151
7.3 习题全解	172
第8章 相量法	212
8.1 重点、难点全析	212
8.2 常考题型解析	214
8.3 习题全解	216
第9章 正弦稳态电路分析	227
9.1 重点、难点全析	227
9.2 常考题型解析	229
9.3 习题全解	243
第10章 含有耦合电感的电路	266
10.1 重点、难点全析	266
10.2 常考题型解析	269
10.3 习题全解	278
第11章 电路的频率响应	294
11.1 重点、难点全析	294

11.2	常考题型解析	295
11.3	习题全解	298
第 12 章	三相电路	315
12.1	重点、难点全析	315
12.2	常考题型解析	319
12.3	习题全解	326
第 13 章	非正弦周期电流电路和信号的频谱	344
13.1	重点、难点全析	344
13.2	常考题型解析	346
13.3	习题全解	358
第 14 章	线性动态电路的复频域分析	376
14.1	重点、难点全析	376
14.2	常考题型解析	384
14.3	习题全解	402
第 15 章	电路方程的矩阵形式	441
15.1	重点、难点全析	441
15.2	常考题型解析	444
15.3	习题全解	452
第 16 章	二端口网络	468
16.1	重点、难点全析	468
16.2	常考题型解析	473
16.3	习题全解	488

第 17 章 非线性电路	502
17.1 重点、难点全析	502
17.2 常考题型解析	504
17.3 习题全解	519
第 18 章 均匀传输线	530
18.1 重点、难点全析	530
18.2 常考题型解析	533
18.3 习题全解	539
附 录	544
一、西北工业大学电路基础课期末考试题	544
二、西安交通大学研究生招生电路课程考试题	548
参考书目	552

第1章 电路模型和电路定律

1.1 重点、难点全析

一、电路模型

把实际的电路经过理想化、抽象化和集总假设后而得到的电路,称为理想化电路或电路模型。电路分析都是针对电路模型进行的,所得结果只是实际电路的一种近似。

二、电流和电压的参考方向

1. 电流和电压的参考方向

电流和电压都是标量代数量,因此求解电路时,首先必须给电流 $i(t)$ 任意设定一个参考方向,给电压 $u(t)$ 任意设定一个参考极性。当 $i(t) > 0$ 时,电流 $i(t)$ 的实际方向与参考方向一致;当 $i(t) < 0$ 时,电流 $i(t)$ 的实际方向与参考方向相反。当 $u(t) > 0$ 时,电压 $u(t)$ 的实际极性与参考极性一致;当 $u(t) < 0$ 时,电压 $u(t)$ 的实际极性与参考极性相反。电路图中电流的方向恒为参考方向,电压的“+”“-”极性恒为参考极性。

2. 电流与电压的关联参考方向

对于一个确定的电路元件或支路,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,否则为非关联方向。如图 1.1 所示,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。

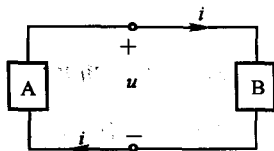


图 1.1 关联参考方向

在电路分析中,为了叙述简便,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 的参考极性同时设定出来,而是只设定其中之一,如图 1.2 所示,这时就认定 u 与 i 或 i 与 u 恒为关联方向,即 $u = Ri$ 。

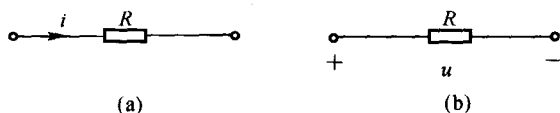


图 1.2 恒为关联方向

三、电功率

电功率简称功率。描述电路元件的功率有两种语言,即“吸收功率”与“发出功率”。对同一个电路元件而言,“吸收功率”与“发出功率”互为相反数,即 $p_{\text{吸}} = -p_{\text{发}}$ 或 $p_{\text{发}} = -p_{\text{吸}}$,如表 1.1 所示。

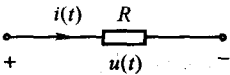
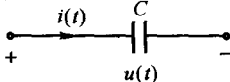
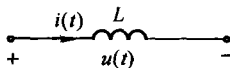
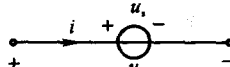
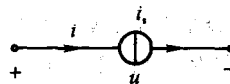
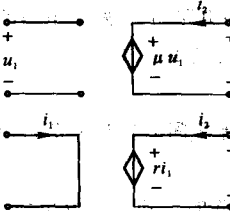
表 1.1 电路元件功率的计算公式

参考方向	电 路	吸收功率	发出功率
关联方向		$p_{\text{吸}} = ui$	$p_{\text{发}} = -ui$
非关联方向		$p_{\text{吸}} = -ui$	$p_{\text{发}} = ui$

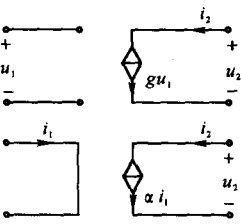
四、线性电路元件的伏安关系

线性电路元件的伏安关系只与电路元件的性质有关,而与电路的连接方式无关,称为元件约束,如表 1.2 所示。

表 1.2 线性电路元件的伏安关系

元 件	电路(取关联方向)	定 义	伏安关系
电阻元件		电压 u 与电流 i 的关系 曲线为通过 $u-i$ 平面上 坐标原点的直线	$u(t) = Ri(t)$ $i(t) = \frac{u(t)}{R} = Gu(t)$ (欧姆定律)
电容元件		电量 q 与电压 u 的关系 曲线为通过 $q-u$ 平面上 坐标原点的直线	$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$ $u(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau$
电感元件		磁链 ψ 与电流 i 的关系 曲线为通过 $\psi-i$ 平面上 坐标原点的直线	$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$ $i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u(\tau) d\tau$
理想电压源		用来产生电压的电源 称为理想电压源	$u(t) = u_s(t)$ $i(t) = \text{不定值(由外电路确定)}$
理想电流源		用来产生电流的电源 称为理想电流源	$i(t) = i_s(t)$ $u(t) = \text{不定值(由外电路确定)}$
受控电压源		一个支路的电压受另 一个支路的电压 u_1 或电 流 i_1 控制	$u_2 = \mu u_1$ 或 $u_2 = r i_1$ $i_2 = \text{不定值(由外电路确定)}$

续表

元 件	电路(取关联方向)	定 义	伏安关系
受控电流源		一个支路的电流受另一个支路的电压 u_1 或电流 i_1 控制	$i_2 = gu_1$ 或 $i_2 = \alpha i_1$ $u_2 =$ 不定值(由外电路确定)

五、基尔霍夫定律

1. 电路图

- (1) 支路: 流过同一电流的电流路径称为支路。
- (2) 节点: 三条或三条以上支路的连接点称为节点。
- (3) 回路: 由支路构成的闭合路径称为回路。
- (4) 网孔回路: 若回路的内部区域没有任何别的支路和节点, 则这样的回路称为网孔回路, 简称网孔。网孔一定是回路, 但回路不一定是网孔。
- (5) 参考节点与独立节点及其个数: 人为地设定电路中某一个节点的电位为零, 则此节点称为参考节点。参考节点的选取与设定是任意的, 但一个电路中只能有一个参考节点, 而剩下的 $(n-1)$ 个节点为独立节点。在电路中, 参考节点用“接地”符号“ $\perp$ ”表示。

(6) 电路图: 由支路和节点构成的集合称为电路图。支路是电路的基石。支路电流、支路电压、支路功率是电路分析与求解的基本对象。

2. 基尔霍夫电流定律(KCL)

基尔霍夫电流定律描述了电路中各支路电流之间的相互关系。它有两种数学描述:

- (1) 在任意时刻 t , 流入某个节点的支路电流的总和等于流出该节点的支路电流的总和, 即

$$\sum i_{\text{入}} = \sum i_{\text{出}}$$

(2) 在任意时刻 t , 集中在某个节点上的所有支路电流的代数和为零, 即

$$\sum i = 0$$

在写此方程时, 当把流入节点的电流视为正时, 则流出该节点的电流即为负; 反之, 则反之。

广义基尔霍夫电流定律。在任意时刻 t , 流入(或流出)某个封闭曲面的所有支路电流的代数和为零, 即

$$\sum i = 0$$

当把流入封闭曲面的电流视为正时, 则流出该封闭曲面的电流即为负; 反之, 则反之。

3. 基尔霍夫电压定律(KVL)

基尔霍夫电压定律描述了电路中各支路电压之间的相互关系。它也有两种数学描述:

(1) 在任意时刻 t , 按照一定的回路绕行方向, 沿任一回路中所有支路或元件上电压的代数和为零, 即

$$\sum u = 0$$

此方程称为回路的 KVL 方程。写此方程时, 凡电压的参考极性从“+”到“-”与回路的绕行方向一致者, 则该电压前取“+”号, 否则取“-”号。

(2) 在任意时刻 t , 按照一定的回路绕行方向, 沿任一回路中所有电阻元件上电压降低的代数和, 等于该回路中所有电源电压升高的代数和, 即

$$\sum u_R = \sum u_s \quad \text{或} \quad \sum Ri = \sum u_s$$

这两方程也称为回路的 KVL 方程。写这两方程时, 凡支路电流的参考方向与回路的绕行方向一致者, 等号左端的项前面取“+”号, 否则取“-”号; 凡电源电压的参考极性从“-”到“+”与绕行方向一致者, 等号右端的项前面取“+”号, 否则取“-”号。

4. 两种约束的概念

基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)都与电路元件的性质无关, 只与电路的连接方式有关, 称为连接方式约束或拓扑约束, 而把所写出的方程称为 KCL 约束方程和 KVL 约束方程。

电路的另一种约束是电路元件电流与电压关系的约束, 即电路元件伏安关系的约束, 这种约束与电路的连接方式无关, 只与电路元件的性质有关, 称为电

路元件约束,简称元件约束。

电路的连接方式约束与电路的元件约束,是电路分析的基本依据,这个理论贯穿在本课程的始终。

1.2 常考题型解析

本章内容是电路的基本概念与基本定律,是全书的基础,以后各章的内容都是在这些基本概念和基本定律的基础上向广度和深度展开的。所以要求读者必须深刻理解,牢固记忆,熟练应用,否则会“后患无穷”。正因为如此,所以本章内容是考试考研的重点和热点之一,题型多是填空题和选择题,或者是小容量的正向思维或逆向思维分析计算题,主要考查考生对基本概念和基本定律的正确理解和熟练应用能力。

例 1.1 图 1.3 所示电路,下列叙述正确的是()。(西北工业大学期末考试题)

- A. 支路 ab 实际发出 4 W 的功率
- B. 支路 ab 实际吸收 4 W 的功率
- C. 4 A 电流源实际发出 16 W 的功率
- D. 4 A 电流源实际吸收 16 W 的功率

解 $i = 4 \text{ A}$

又有 $5 = 1i_1 + u_{ab}$

故 $u_{ab} = 5 - 1i_1 = 1 \text{ V}$

ab 支路吸收的功率为

$$p_{ab\text{吸}} = u_{ab} \times 4 = 4 \text{ W}$$

又有 $u_{ab} = u_s + 10$

故 $u_s = u_{ab} - 10 = -9 \text{ V}$

4 A 电流源吸收的功率为

$$p_{\text{吸}} = 4 u_s = 4 \times (-9) = -36 \text{ W}$$

则 4 A 电流源实际是发出 36 W 的功率,故应选 B 项。

例 1.2 图 1.4 所示电路,2 Ω 电阻消耗的功率为 4 Ω 电阻消耗功率的 2 倍,则电压源电压 u_s 的值为 _____ V。(北京航空航天大学期末考试题)

解 这是反向思维分析计算题。

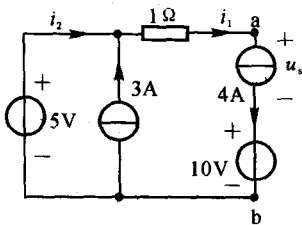


图 1.3

$$p_{ab\text{吸}} = u_{ab} i_1 = 1 \text{ W}$$

故选项 A 错。

3 A 电流源吸收的功率为

$$p_{3\text{A吸}} = u_{ab} \times 3 = -3 \text{ W}$$

故选项 C 错。

$$u_{cd} = 2i_1 - 3 = -5 \text{ V}$$

故选项 D 错。

又因

$$u_{ab} = -u_s + 2i_1$$

即

$$u_s = -u_{ab} + 2i_1 = -1 \text{ V}$$

故选项 B 正确。

例 1.4 图 1.6 所示电路, 电压 $u =$ _____ V。(西北工业大学研究生招生考试题)

解

$$2i + 4i_1 = 28$$

$$i_1 = i + 2i$$

联立求解得

$$i = 2 \text{ A}$$

故

$$u = -6 \times 2i = -24 \text{ V}$$

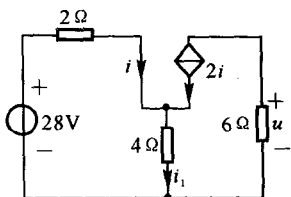


图 1.6

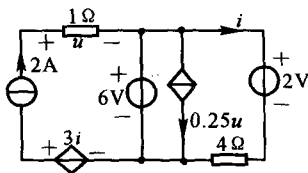


图 1.7

例 1.5 图 1.7 所示电路, 求两个受控源各自发出的功率。(华中科技大学研究生招生考试题)

解

$$u = 1 \times 2 = 2 \text{ V}$$

$$6 = 2 + 4i$$

故

$$i = 1 \text{ A}$$

3i 受控电压源发出的功率为

$$p_{1\text{发}} = 3i \times 2 = 6 \text{ W}$$

0.25u 受控电流源发出的功率为