

一流学校 一流老师 一流资源



三一丛书

电路

要点与解题

赵录怀 王曙鸿 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安交大教学资源文库 三一丛书

电 路

要点与解题

赵录怀 王曙鸿 编著

西安交通大学出版社

内容简介

本书为电路课的学习辅导教材,内容覆盖了现有教材中的基本概念、基本理论和基本方法。全书共分8章:电路定律与电路元件、电阻电路、瞬态分析、正弦稳态分析、频率特性、电路分析的拉普拉斯变换法、运算放大器、二端口网络。每章分基本知识点、重点与难点、典型题分析和自我测验题4部分;附录为西安交通大学2004年和2005年硕士研究生入学考试试题。

本书可作为大学生学习电路课程的辅导教材,也可作为有关专业硕士研究生报考人员的复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路要点与解题/赵录怀,王曙鸿编著,一西安:西安交通大学出版社,2006.11
(西安交大教学资源文库.三一丛书)
ISBN 7-5605-2231-9

I. 电… II. ①赵…②王… III. 电路-高等学校-教学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第103789号

书 名:电路要点与解题
编 著:赵录怀 王曙鸿
出版发行:西安交通大学出版社
地 址:西安市兴庆南路25号(邮编:710049)
电 话:(029)82668357 82667874(发行部)
(029)82668315 82669096(总编办)
网 址:<http://press.xjtu.edu.cn>
电子邮箱:eibooks@163.com
印 刷:陕西新世纪印刷厂
字 数:265千字
开 本:880mm×1230mm 1/32
印 张:7.375
版 次:2006年11月第1版 2006年11月第1次印刷
书 号:ISBN 7-5605-2231-9/TM·61
定 价:12.80元

版权所有 侵权必究

丛书总序

为了使普通高等学校理工类专业的大学生更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,我们组织出版了这套“三一”丛书,目的就是提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,为今后的学习打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211 工程”建设的七所大学之一,1999 年被国家确定为我国中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996 年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。本丛书均由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书针对中少学时课程的特点和教学要求,以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将有特色和使用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一体。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环

节进行编排。本丛书既可单独使用,也可与其他教材配合使用。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国,并祝您早日成为国家的栋梁之材!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址:<http://press.xjtu.edu.cn>

<http://www.xjtupress.com>

理工医事业部信箱: jdldy31@126.com

西安交通大学出版社

2006 年 6 月

前 言

本书是为本科生编写的电路学习辅导书,也可供欲攻读硕士研究生的考生复习之用。

在编写中,我们根据学生在学习中的反馈信息,对学习中的难点做了较细致的叙述,并给出了类型丰富的例题。全书共分8章:电路定律与电路元件;电阻电路;瞬态分析;正弦稳态分析;频率特性;电路分析的拉普拉斯变换法;运算放大器;二端口网络。每章内容分为4个部分:第1部分为基本知识点,主要对电路分析内容进行了简明扼要的叙述和归纳;第2部分为重点与难点,是该章内容的复习重点;第3部分为典型题分析,对精选的典型题目进行了较为详细的分析,有助于启迪思维和提高解题的能力;第4部分为自我测验题,读者可用它检测对内容的掌握程度。附录是西安交通大学2004年和2005年硕士研究生入学考试题,读者可用来进行自测模拟考试。

需要指出的是,学习电路课程,一定要认真做题。为了节省读者宝贵的时间和精力,提高学习效率,建议在阅读本书时将精做和泛看相结合,要将重点放在电路的基本概念、基本理论和基本方法上,不必过于追求解题技巧。

本书正文部分由赵录怀编写,自我测验题及答案由王曙鸿编写。由于我们的学识水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2006年5月于西安交通大学

目 录

丛书总序

前言

第 1 章 电路定律与电路元件

1.1 基本知识点	1
1.1.1 基尔霍夫电流定律	1
1.1.2 基尔霍夫电压定律	1
1.1.3 电阻	1
1.1.4 电压源和电流源	3
1.1.5 受控电压源和受控电流源	5
1.1.6 电容	6
1.1.7 电感	8
1.1.8 二极管	9
1.1.9 电源复合支路的等效变换	11
1.1.10 Y 形电阻网络与 Δ 形电阻网络的等效变换	12
1.2 重点与难点	13
1.2.1 基尔霍夫定律	13
1.2.2 电路元件	13
1.2.3 电路的等效变换	14
1.3 典型题分析	14
1.4 自我测验题	25

第 2 章 电阻电路

2.1 基本知识点	28
2.1.1 结点电压法	28
2.1.2 网孔电流法	28
2.1.3 叠加定理	28
2.1.4 替代定理	29
2.1.5 戴维宁定理和诺顿定理	30

2.1.6 特勒根定理	31
2.2 重点与难点	33
2.2.1 电路方程	33
2.2.2 电路定理	34
2.3 典型题分析	34
2.4 自我测验题	47
第3章 瞬态分析	
3.1 基本知识点	51
3.1.1 0_+ 初始值	51
3.1.2 一阶电路的零输入响应	51
3.1.3 一阶电路的分析	52
3.1.4 一阶电路的单位阶跃响应	53
3.1.5 RLC 串联电路的零输入响应	54
3.1.6 状态变量分析法	56
3.1.7 单位冲激响应	57
3.1.8 卷积	58
3.2 重点与难点	60
3.2.1 一阶电路	60
3.2.2 二阶电路	61
3.3 典型题分析	61
3.4 自我测验题	77
第4章 正弦稳态分析	
4.1 基本知识点	80
4.1.1 正弦电流和电压	80
4.1.2 相量	81
4.1.3 阻抗和导纳	84
4.1.4 正弦稳态分析	85
4.1.5 电感线圈间的磁耦合	86
4.1.6 电路含有耦合电感时的计算	88
4.1.7 理想变压器	90
4.1.8 正弦稳态电路的功率	91
4.1.9 最大功率传输	92
4.1.10 对称三相电路	93
4.2 重点与难点	95

4.2.1 正弦稳态分析	95
4.2.2 耦合电感	95
4.2.3 三相电路	95
4.3 典型题分析	96
4.4 自我测验题	115
第 5 章 频率特性	
5.1 基本知识点	121
5.1.1 一阶网络函数的频率特性	121
5.1.2 二阶网络函数的频率特性	124
5.1.3 波德图	127
5.1.4 谐振电路	131
5.1.5 周期信号	131
5.2 重点与难点	132
5.3 典型题分析	133
5.4 自我测验题	144
第 6 章 电路分析的拉普拉斯变换法	
6.1 基本知识点	149
6.1.1 拉普拉斯变换	149
6.1.2 拉普拉斯变换的性质	150
6.1.3 拉普拉斯反变换	151
6.1.4 复频域零状态响应分析	153
6.1.5 网络函数的概念	153
6.1.6 网络函数的性质	155
6.1.7 复频域全响应分析	157
6.2 重点与难点	160
6.3 典型题分析	160
6.4 自我测验题	173
第 7 章 运算放大器	
7.1 基本知识点	176
7.1.1 运算放大器的电路模型	176
7.1.2 运放的线性区基本应用电路	177
7.1.3 理想运放电路的一般分析	179
7.1.4 有源 RC 滤波器	179
7.2 重点与难点	181

7.3 典型题分析	181
7.4 自我测验题	190
第8章 二端口网络	
8.1 基本知识点	194
8.1.1 二端口网络	194
8.1.2 流控参数和压控参数	195
8.1.3 混合参数	196
8.1.4 传输参数	197
8.1.5 二端口的连接	198
8.2 重点与难点	199
8.3 典型题分析	199
8.4 自我测验题	205
各章自我测验题参考答案	
附录1 西安交通大学 2004 年硕士研究生入学	
考试试题	214
附录2 西安交通大学 2005 年硕士研究生入学	
考试试题	218

第 1 章 电路定律与电路元件

1.1 基本知识

1.1.1 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律(KCL)指出:集总电路中,在任何时刻,任一结点处支路电流的代数和等于零。

在应用 KCL 时,首先要指定每一支路电流的参考方向,在支路电流的代数和式子中,习惯上把参考方向离开结点的电流取为正号,指向结点的电流取为负号。

KCL 适用于集总电路,与元件的性质无关。KCL 除用于一个结点外,对包围几个结点的高斯面也是适用的。

1.1.2 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律(KVL)指出:集总电路中,在任何时刻,任一回路中支路电压的代数和等于零。

在应用 KVL 时,首先要指定每一支路电压的参考方向以及回路的绕向。在支路电压代数和式子中,参考方向与回路绕向一致的支路电压带正号,而与回路绕向相反的支路电压带负号。

KVL 也适用于任一闭合结点序列。对任意两个结点 a, b 及参考结点构成的闭合结点序列,则有

$$u_{ab} = u_{na} - u_{nb}$$

式中: u_{ab} 是结点 a 与结点 b 之间的电压; u_{na} 和 u_{nb} 分别表示结点 a、b 与参考结点之间的电压,即结点电压。

上式说明,任意两个结点之间的电压等于结点电压之差。该结论是另一种形式的 KVL。

1.1.3 电阻

两端时不变电阻元件的电压与电流间存在一函数关系,其伏安特性为过原点

的一条曲线。

线性电阻元件的伏安特性为经过原点的一条直线,元件的图形符号如图 1.1 所示。在关联参考方向下,伏安关系式为

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

式中: R 为电阻元件的电阻,单位为 Ω ; G 为电导,单位为 S 。 $G = 1/R$ 。

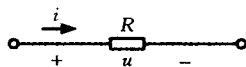


图 1.1 线性电阻

当电阻 R 为零时,对任一电流 i ,电压 u 总为零,此时该支路相当于短路;当电导 G 为零时,对任一电压 u ,电流 i 总为零,此时该支路相当于开路。

在关联参考方向下,电阻元件吸收的功率为

$$p = ui = Ri^2 = Gu^2$$

本书中如无特别说明,“电阻”专指线性电阻元件,或表示电阻 R 。

n 个电阻的串联,见图 1.2,其等效电阻

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

任一电阻 R_k 上的电压为

$$u_k = R_k i = \frac{R_k}{R_{eq}} u$$

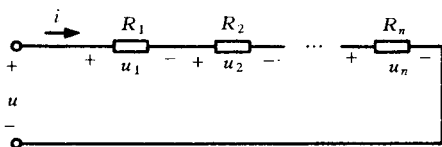


图 1.2 电阻的串联

n 个电阻的并联,见图 1.3,可以用一个电阻等效,其中

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

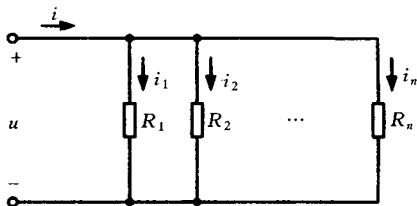


图 1.3 电阻的并联

流过电阻 R_k 的电流为

$$i_k = \frac{1}{R_k} u = \frac{R_{eq}}{R_k} i$$

两个电阻 R_1 和 R_2 并联时,则有

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i$$

$$i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i$$

非线性电阻的图形符号如图 1.4。若电流为电压的单值函数,称该电阻是电压控制型电阻;若电压为电流的单值函数,则称该电阻是电流控制型电阻。

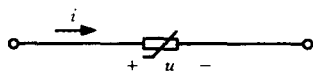


图 1.4 非线性电阻

1.1.4 电压源和电流源

电压源的图形符号如图 1.5(a) 所示,电压源两端的电压为一给定的时间函数 $u_s(t)$,而与流过它的电流无关。当电压源的电压为恒定值时,称为直流电压源,可以用图 1.5(b) 所示的图形符号表示,其中长线端为正极性端,电压用大写符号表示。

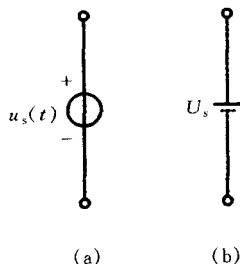


图 1.5 电压源

n 个电压源串联,如图 1.6 所示,可以用一个

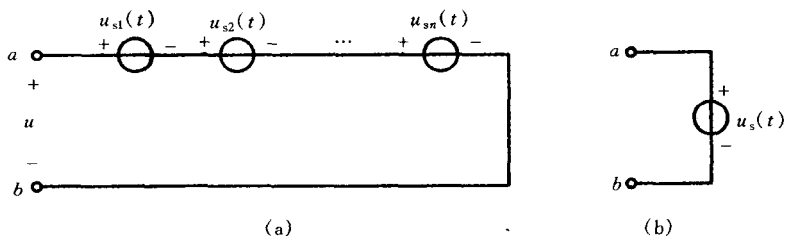


图 1.6 电压源的串联

电压源等效,其电压为

$$u_s(t) = u_{s1}(t) + u_{s2}(t) + \cdots + u_{sn}(t)$$

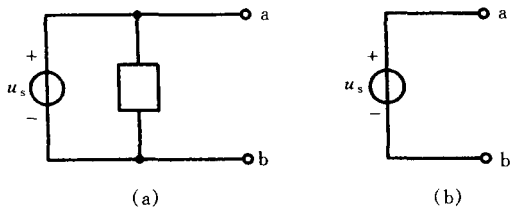


图 1.7 电压源与任一元件的并联

电压源 u_s 与任一元件并联(若该元件也为电压源,其电压必须等于 u_s),如图 1.7 所示,由于 $u_{ab} = u_s$,则可用一电压为 u_s 的电压源等效。

注意:两个网络等效是指这两个网络具有相同的伏安关系,对电路其他部分而言,这两个网络的作用完全相同,但这两个网络的内部不存在对应关系。例如图 1.7(b) 中电压源支路的电流与图 1.7(a) 中电压源支路的电流并不相等。

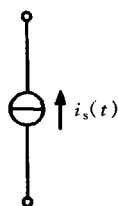


图 1.8 电流源

电流源的电流为一给定的时间函数 $i_s(t)$,而与它两端的电压无关,其图形符号如图 1.8 所示。

n 个电流源的并联,如图 1.9 所示,可以用一个电流源等效,其电流为

$$i_s(t) = i_{s1}(t) + i_{s2}(t) + \cdots + i_{sn}(t)$$

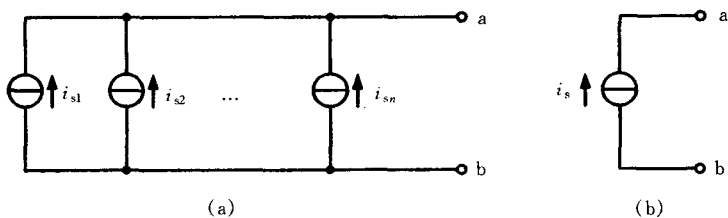


图 1.9 电流源的并联

电流源 i_s 与任一元件串联(若该元件也为电流源,则电流必须等于 i_s),由于流过端子的电流仍为 i_s ,故可以用一个电流为 i_s 的电流源等效,如图 1.10 所示。

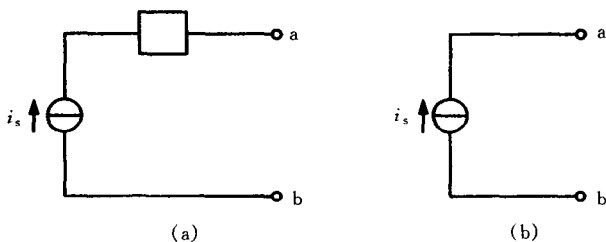


图 1.10 电流源与任一元件的串联

1.1.5 受控电压源和受控电流源

受控电压源的电压受电路中其他一些电压和电流控制,其图形符号如图 1.11(a) 所示。

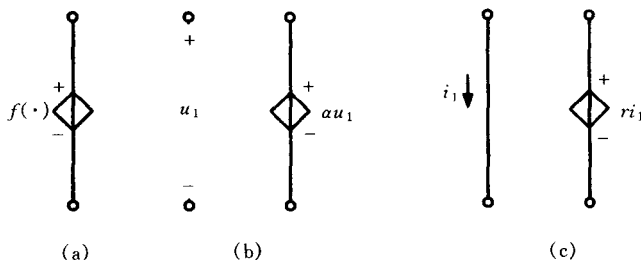


图 1.11 受控电压源

单变量控制的线性受控电压源有两种:电压控制电压源(VCVS)和电流控制电压源(CCVS),如图 1.11(b)和(c)所示,其中 α 和 r 与电压和电流无关,分别称为电压控制系数和跨阻。

受控电流源的电流受电路中其他一些电压和电流控制,其图形符号如图 1.12(a) 所示。

单变量控制的线性受控电流源有两种:电压控制电流源(VCCS)和电流控制电流源(CCCS),如图 1.12(b)和(c)所示,其中 g 和 β 与电压和电流无关,分别称为跨导和电流控制系数。

受控电源反映了电路中电压、电流间的一种控制关系,在电路中不起激励作用,而上节介绍的电压源和电流源可以理解为“受时间控制”,在电路中起激励作用。为了强调与受控源的不同,电压源和电流源也称为独立电源。

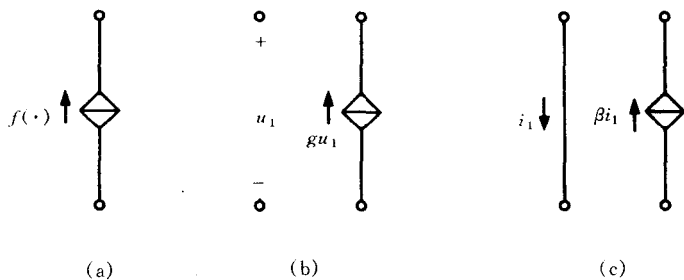


图 1.12 受控电流源

当受控源的控制量与被控制量在同一支路时,受控源则表示一电阻。图 1.13 所示的两个受控源分别表示电压控制型电阻和电流控制型电阻。

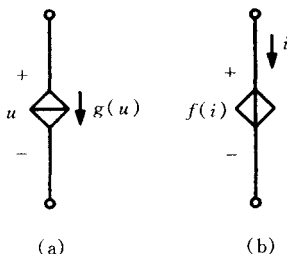


图 1.13 用受控源表示的电阻

1.1.6 电容

二端时不变电容元件的电荷与电压之间存在一函数关系,其库伏特性为经过原点的一条曲线。

线性电容的库伏特性为经过原点的直线,若设与电压 u 的“+”参考极性对应的极板带电荷 $+q$,如图 1.14 所示,电容 C 按下式定义

$$q = Cu$$

式中: q 为电荷,单位为 C; C 为电容,单位为 F。在图示电流参考方向下,由于

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

则

$$i = C \frac{du}{dt}$$

若 t_0 时刻的电容电压 $u(t_0)$ 已知,则对任一大于 t_0 时刻的电压 $u(t)$ 为

$$u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\xi) d\xi$$

电容元件的电场能量为

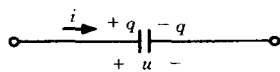


图 1.14 电容

$$W = \frac{1}{2}Cu^2$$

在本书中如无特别说明,“电容”专指线性电容元件,或电容 C 。

n 个具有相同初始电压 $u(t_0)$ 的电容并联,如图 1.15 所示,可以用一个具有初始电压 $u(t_0)$ 的电容等效,其值为

$$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

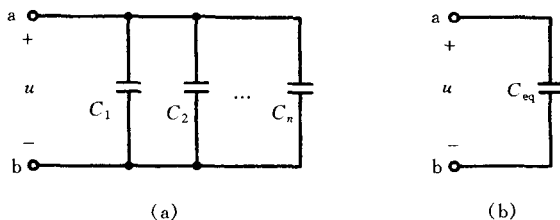


图 1.15 电容的并联

n 个电容串联,如图 1.16 所示,设电容 C_k 的初始电压为 $u_k(t_0)$, $k = 1, \cdots, n$, 则

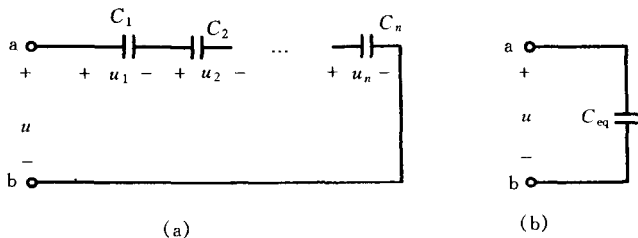


图 1.16 电容的串联

等效电容 C_{eq} 及初始电压 $u(t_0)$ 由下式确定

$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

$$u(t_0) = u_1(t_0) + u_2(t_0) + \cdots + u_n(t_0)$$

非线性电容的库伏特性为经过原点的一条曲线。实际非线性电容一般是电压控制型的,若设 $q = f(u)$, 则

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

式中

$$C(u) = \frac{dq}{du}$$