

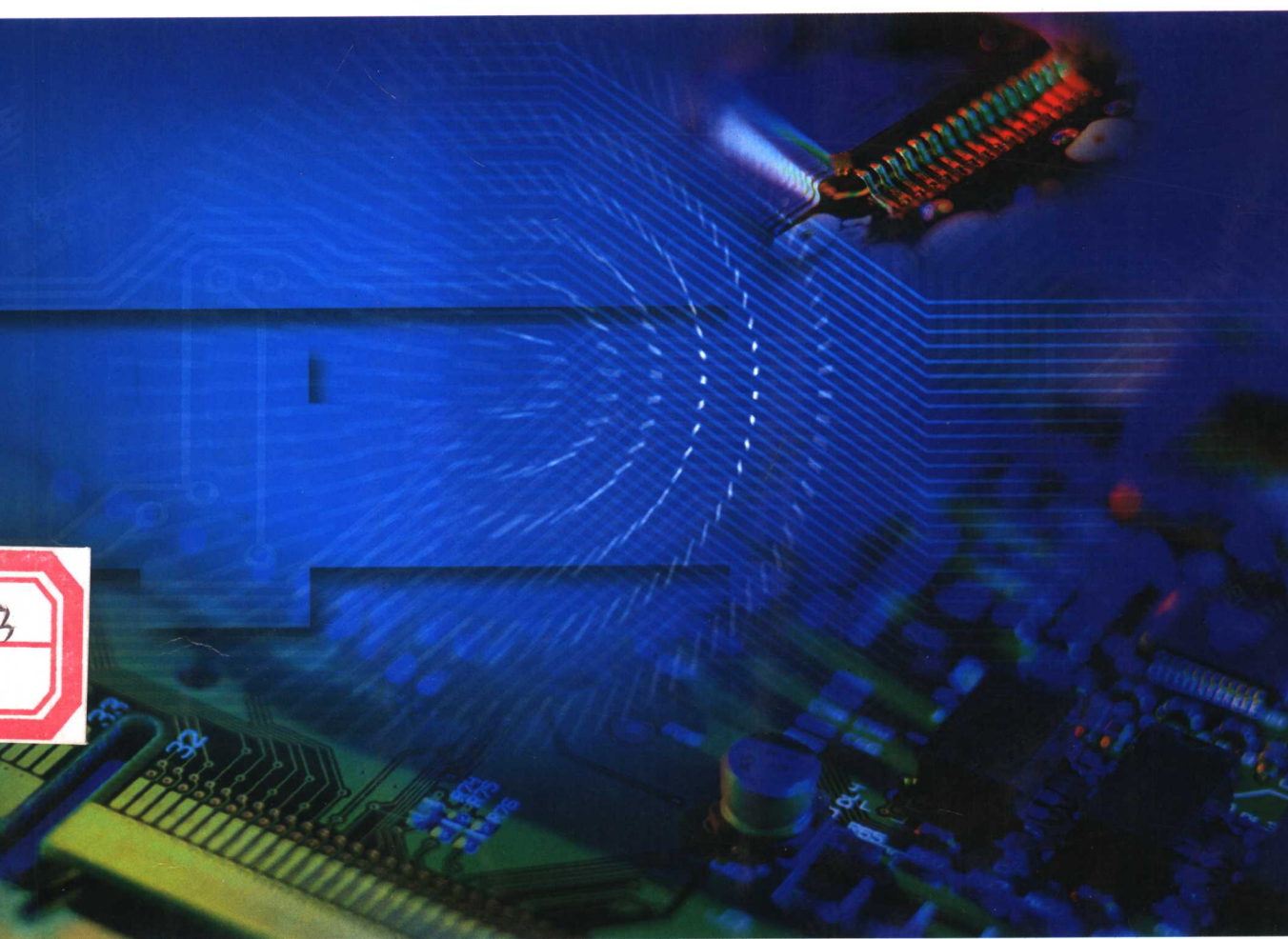
21 世纪

高等学校电子信息类系列教材

《电路基础》

学习指导与习题全解

□ 刘景夏 孙建红 郑学瑜 聂典 编著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

★ 21 世纪高等学校电子信息类系列教材

《电路基础》

学习指导与习题全解

刘景夏 孙建红 编著
郑学瑜 聂 典

西安电子科技大学出版社

2005

内 容 简 介

本书着力于“电路基础”课程知识体系的梳理、学习方法的启迪和解题方法的指导,强调基本概念、基本理论和基本方法的准确理解和灵活运用,是为配合吴大正教授主编的 21 世纪高等学校电子信息类系列教材《电路基础》(第二版,西安电子科技大学出版社出版)实施教学而编写的参考书。全书共分七章:电路的基本规律、电阻电路分析、动态电路、正弦稳态分析、电路的频率响应和谐振现象、二端口电路、非线性电路。每章均由基本内容、基本要求和习题全解三部分组成。

本书可作为电子信息类专业学生学习“电路基础”课程的辅助教材,也可作为研究生入学考试的复习资料。

21 世纪高等学校电子信息类系列教材

《电路基础》学习指导与习题全解

刘景夏 孙建红
郑学瑜 聂 典 编著

策 划 马乐惠

责任编辑 张友 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14.25

字 数 336 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 15.00 元

ISBN 7-5606-0864-7/TP·0148

XDUP 1135A01-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

本书是为配合 21 世纪高等学校电子信息类系列教材《电路基础》(第二版, 吴大正主编, 西安电子科技大学出版社出版)实施教学而编写的。

“电路基础”课程是电子信息类专业一门重要的技术基础课。课程特点是理论严密、逻辑性强, 学习时既要把握课程体系的基本脉络, 又要做一定数量的习题, 才能对课堂教学内容达到理解、消化的程度。根据教育部电子信息与电气信息类基础课程教学指导委员会于 2004 年修订的《电路分析基础课程教学基本要求》, 结合电子信息类专业“电路基础”课程教学实际需要, 我们编写了这本《〈电路基础〉学习指导与习题全解》。

本书着力于“电路基础”课程知识体系的梳理、学习方法的启迪和解题方法的指导, 强调基本概念、基本理论和基本方法的准确理解和灵活运用, 力图使读者在学习该课程的过程中建立科学的思维方法, 培养分析问题和解决问题的能力、科学总结与归纳的能力、综合运用知识的能力, 以达到本课程教学大纲的目的, 乃至适应研究生入学考试的需求。

本书共分七章: 电路的基本规律、电阻电路分析、动态电路、正弦稳态分析、电路的频率响应和谐振现象、二端口电路、非线性电路。每章均由三部分组成。

第一部分为“基本内容”, 对各章的主要概念、基本理论和分析方法进行综述, 归纳总结, 在每个知识点力求体现较好的知识结构, 使读者学习时能掌握主要线索, 把握基本脉络。

第二部分为“基本要求”, 明确对各章内容的掌握程度。

第三部分为“习题全解”, 对《电路基础》中的全部习题进行分析、计算和求解。力求做到概念清晰, 步骤完整, 数据准确, 附图齐全。

限于作者的水平和经验, 书中难免有疏漏和不妥之处, 恳请专家、读者不吝指教。

编 者

2004 年 12 月

目 录

第一章 电路的基本规律	1
1.1 基本内容	1
1.1.1 实际电路与电路模型	1
1.1.2 电路变量	2
1.1.3 基尔霍夫定律	3
1.1.4 电路元件	4
1.1.5 电路等效概念	6
1.1.6 一些简单的等效规律和公式	7
1.1.7 利用等效概念分析电路	9
1.2 基本要求	10
1.3 习题全解	10
第二章 电阻电路分析	29
2.1 基本内容	29
2.1.1 电路的图	29
2.1.2 电路方程	30
2.1.3 2b法和支路法	30
2.1.4 回路法	31
2.1.5 网孔法	31
2.1.6 节点法	32
2.1.7 齐次定理和叠加定理	33
2.1.8 替代定理	34
2.1.9 等效电源定理(戴维南定理和诺顿定理)	34
2.1.10 最大功率传输条件	36
2.1.11 特勒根定理	37
2.1.12 互易定理	37
2.2 基本要求	38
2.3 习题全解	39
第三章 动态电路	65
3.1 基本内容	65
3.1.1 动态元件	65
3.1.2 动态电路方程的建立及求解	69
3.1.3 电路的初始值	70
3.1.4 动态电路的响应	71
3.1.5 直流一阶电路的三要素法	72
3.1.6 一阶电路的阶跃响应	73
3.1.7 正弦激励下一阶电路的响应	73

3.2 基本要求	74
3.3 习题全解	74
第四章 正弦稳态分析	106
4.1 基本内容	106
4.1.1 正弦量	106
4.1.2 正弦量的相量表示法	107
4.1.3 两类约束的相量形式	108
4.1.4 阻抗和导纳	108
4.1.5 正弦稳态电路的分析与计算	109
4.1.6 正弦稳态电路的功率	110
4.1.7 互感耦合电路	112
4.1.8 变压器	118
4.1.9 三相电路	119
4.2 基本要求	120
4.3 习题全解	121
第五章 电路的频率响应和谐振现象	154
5.1 基本内容	154
5.1.1 网络函数与频率响应	154
5.1.2 RC 电路的频率特性	156
5.1.3 RLC 串联谐振电路	158
5.1.4 GCL 并联谐振电路	161
5.1.5 实用的简单并联谐振电路	162
5.1.6 复杂谐振电路	163
5.2 基本要求	163
5.3 习题全解	164
第六章 二端口电路	179
6.1 基本内容	179
6.1.1 二端口电路的方程和参数	179
6.1.2 二端口电路的等效	182
6.1.3 二端口电路的连接	184
6.1.4 具有端接的二端口电路分析	184
6.2 基本要求	185
6.3 习题全解	185
第七章 非线性电路	207
7.1 基本内容	207
7.1.1 非线性元件	207
7.1.2 非线性电阻的串联和并联	208
7.1.3 非线性电阻电路的分析	208
7.1.4 小信号分析法	209
7.2 基本要求	209
7.3 习题全解	209
参考文献	221

第一章 电路的基本规律

1.1 基本内容

1.1.1 实际电路与电路模型

1. 实际电路的组成

实际电路是由各种电气、电子元器件(如电阻器、电容器、线圈、开关、晶体管、电池等)按一定的方式相互连接组成的。通常包括三个部分:一是提供能量或信号的电源;二是用电装置,即负载;三是连接电源与负载的导线、开关等中间环节。

2. 实际电路的功能

实际电路的功能可概括为两个方面:其一,进行电能的产生、传输、分配与转换,如电力系统中的发电、输电线路等;其二,实现信号的产生、传递、变换、处理与控制,如电话、收音机、电视机电路等。

3. 电路模型

电路模型的引入:实际电路中使用的电子元器件一般都和电能的消耗现象及电磁能的储存现象有关,这些现象交织在一起并发生在整个部件中。如果把这些现象或特性全部加以考虑,那么分析电路时就会很困难。因此,必须在一定条件下,忽略它的次要性质,用一个足以表征其主要电磁性能模型来表示,以便进行定量分析。

电路模型的建立:当实际电路尺寸远小于其使用时最高工作频率所对应的波长时,可以定义出几种“集总参数元件”(又称理想元件),用来构成实际部件的模型。在这个条件下,每一种集总参数元件只反映一种基本电磁现象,且可由数学方法精确定义。例如:电阻元件表征消耗电能的特性,电容元件表征储存电场能量的特性,电感元件表征储存磁场能量的特性。这三种理想元件模型如图 1-1 所示。

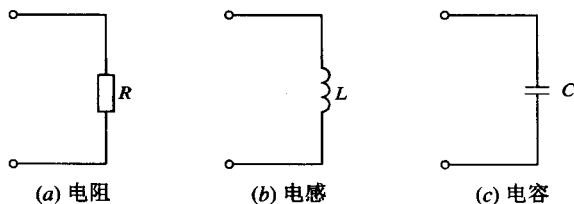


图 1-1

不同的实际部件，只要具有相同的电磁性能，就可以在一定的条件下用同一个模型来表示。同一个实际部件在不同的条件下，它的模型也可以有不同的形式。将实际电路中各个部件用其模型表示，这样画出的图即为实际电路的电路模型，亦称电路原理图。

4. 电路分析的对象和方法

电路分析的对象是电路模型。其分析方法是：对从实际电路抽象出来的电路模型，选择电路变量，建立电路方程，求得电路响应，分析电路性能。

1.1.2 电路变量

1. 电流

定义：单位时间内通过导体横截面的电荷量称为电流强度，简称电流。用 $i(t)$ 表示，即有

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

单位：A，mA， μ A，kA。

实际方向：习惯上把正电荷的运动方向作为电流的实际方向（又称真实方向）。

参考方向：假设的正电荷运动方向。在实际问题中，电流的真实极性往往在电路图中难以判断。因此，可以像其他代数量问题一样任意假设正电荷的运动方向，用箭头标在电路图上（如图 1-2 所示），或用双下标表示（如 i_{ab} 表示电流从 a 点流向 b 点）。并以此为准去分析计算。

实际方向的判定：经计算后根据电流的正负可判断其实际方向。规定：计算所得电流为正值，说明实际方向与所设参考方向一致；计算所得电流为负值，说明实际方向与所设参考方向相反。

注意点：电流值的正负，只有在设定参考方向的前提下才有意义！因此，在选用电流变量时一定要标出其参考方向。也正因为从参考方向可以判定其实际方向，故今后在电路图中所标出的电流方向都可以认为是参考方向，而不一定是电流的真实方向。

2. 电压

定义：单位正电荷由 a 点移到 b 点时电场力所做的功称为 a 、 b 两点间的电压（如图 1-2 所示），又称电位差。用 $u(t)$ 表示，即有

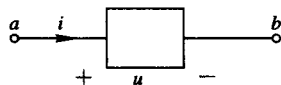


图 1-2

$$u(t) = \frac{dw}{dq}$$

单位：V，mV， μ V，kV。

实际方向：习惯上把电位降落的方向称为电压的实际方向（又称实际极性）。

电压参考方向的引入、实际方向的判定及注意点同“电流”变量。

电位的概念及计算：在电路中，某点的电位是将单位正电荷沿一路径移至参考点（选定电路中的某点，用符号“ $\perp$ ”表示）电场力做的功。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。

关联的电压、电流参考方向：在电路分析中，电流与电压的参考方向是任意选定的，

两者之间独立无关。但为了方便起见,常采用关联参考方向:电流参考方向与电压“+”到“-”极的参考方向一致,即电流与电压参考方向一致。如图 1-2 所示,图中电流 i 和电压 u 是关联的,否则称非关联的。

3. 功率

定义:单位时间内电场力所做的功或电路所吸收的能量称为功率。用 p 表示,即有

$$p(t) = \frac{dw}{dt}$$

单位:W, kW, mW。

功率的计算:对于某一元件或局部电路(如图 1-2 所示),若采用关联的电压、电流参考方向,则该元件或局部电路吸收的功率为

$$p(t) = \frac{dw}{dt} = \frac{u dq}{dt} = ui$$

结论:在电压 u 、电流 i 参考方向关联的条件下,一段电路所吸收的功率为该段电路两端电压、电流的乘积。显然,若 u 、 i 参考方向非关联,则计算吸收功率的公式中应冠以负号,即 $p(t) = -ui$ 。

据此,代入 u 、 i 数值,若计算得 p 为正值,则该段电路实际就是吸收功率(或消耗功率);若 p 为负值,则该段电路实际向外提供功率(或产生功率)。

能量的计算:在电压、电流参考方向关联时,从 t_0 到 t 时刻内该部分电路吸收的能量为

$$w(t_0, t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi = \int_{t_0}^t u(\xi)i(\xi) d\xi$$

1.1.3 基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律(KCL)

内容:对于集总参数电路中的任意节点,任一时刻流入或流出该节点电流的代数和为零,即

$$\sum_{k=1}^m i_k(t) = 0$$

该式称为节点电流方程,简称 KCL 方程。建立 KCL 方程时,首先要设出每一支路电流的参考方向,然后依据参考方向取号,电流流入或流出节点可取正或取负,但列写的同一个 KCL 方程中取号规则应一致。

另一种叙述为:对于集总参数电路中的任意节点,任一时刻流入该节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。

电流定律的推广:适用于电路中任意假设的封闭面(广义节点)。

2. 基尔霍夫电压定律(KVL)

内容:在集总参数电路中,任一时刻沿任一回路绕行一周的所有支路电压的代数和等于零,即

$$\sum_{k=1}^m u_k(t) = 0$$

该式称为回路电压方程,简称 KVL 方程。建立 KVL 方程时需规定顺绕行方向的电压(电

压降)取正号,逆绕行方向的电压(电压升)取负号。

另一叙述方式:在集总参数电路中,任一时刻沿任一回路的支路电位降之和等于电位升之和。

电压定律的推广:适用于电路中任意假想的回路(广义回路或虚回路)。

重要结论:求任意 a 、 b 两点间的电压,等于自 a 点出发沿任何一条路径绕行至 b 点的所有电位降的代数和。

1.1.4 电路元件

元件特性的表征:电路元件是组成电路模型的最小单元,电路元件的特性由端口电压与电流的关系来表征,简称伏安特性,简记为 VAR 或 VCR,可用数学关系式表示,也可描绘成曲线($u \sim i$ 平面曲线),即伏安特性曲线。

1. 电阻元件

定义:一个二端元件在任意时刻,若其伏安特性能用 $u \sim i$ 平面上的一条曲线描述,则称之为电阻元件。若该曲线是过原点的直线且不随时间变化,则该二端元件称为线性时不变电阻元件。

单位: Ω , $k\Omega$, $M\Omega$ 。

电路模型及其伏安特性:电阻元件的电路模型及伏安特性如图 1-3 所示。

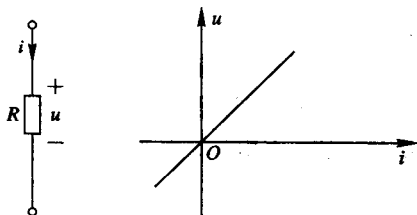


图 1-3

欧姆定律:欧姆定律说明流过线性电阻的电流与该两端电压之间的关系,反映

了电阻元件的特性。若电阻上的电压、电流参考方向关联,则有

$$u = Ri$$

电阻与电导:电阻的倒数称电导,用符号 G 表示,单位:西门子(S)。

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

应用电导参数来表示电压和电流之间的关系时,欧姆定律可写为 $i = Gu$ 。

电阻元件与开路、短路情况:当电阻元件 $R \rightarrow \infty$ 或 $G = 0$ 时,称为“开路”;当电阻元件 $R = 0$ 或 $G \rightarrow \infty$ 时,称为“短路”。

电阻元件的功率与能量:

若电压 u 、电流 i 参考方向关联,则电阻元件吸收功率:

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R}$$

若电压 u 、电流 i 参考方向非关联,则电阻元件吸收功率:

$$p = -ui = -i^2 R = -\frac{u^2}{R}$$

设从 t_0 到 t 时刻电阻元件所吸收的能量为 $w(t)$, 则

$$w(t_0, t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi = \int_{t_0}^t Ri^2(\xi) d\xi = \int_{t_0}^t \frac{u^2(\xi)}{R} d\xi$$

2. 电压源

定义：一个二端元件当它接入任一电路时，如果其两端电压始终保持规定的值或一定的时间函数，而与其端电流无关，则称该二端元件为理想电压源。

电路模型：电压源的电路模型如图 1-4 所示。

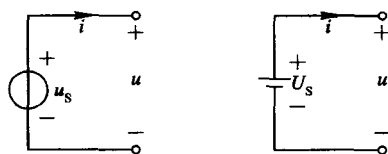


图 1-4

伏安特性：电压源的电压由元件本身确定，它可以是一定值或一定的时间函数，而与流经元件的电流无关；流经电压源的电流由与电压源相连接的外电路确定，即有

$$\begin{cases} u \equiv u_s \\ i = \text{任意值} \end{cases}$$

电压源的伏安特性如图 1-5 所示。

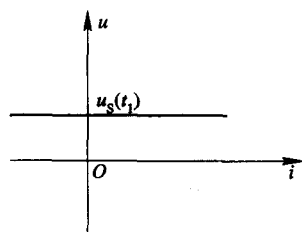


图 1-5

3. 电流源

定义：一个二端元件当它接入任一电路时，如果其端电流始终保持规定的值或一定的时间函数，而与其端电压无关，则称该二端元件为理想电流源。

电路模型：电流源的电路模型如图 1-6 所示。

伏安特性：电流源的电流由元件本身确定，它可以是一定值或一定的时间函数，而与元件的端电压无关；电流源的两端电压由与电流源相连接的外电路确定，即有

$$\begin{cases} i \equiv i_s \\ u = \text{任意值} \end{cases}$$

电流源的伏安特性如图 1-7 所示。

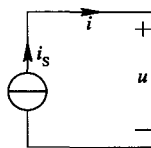


图 1-6

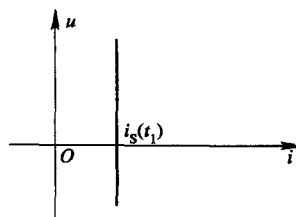


图 1-7

4. 受控源

定义：受控源是非独立电源，其输出电压或电流受到电路中某部分的电压或电流控制。

电路模型及其伏安特性：受控源有输入和输出两对端钮，因此又称四端元件。输出端的电压或电流受输入端所加的电压或电流的控制，按照控制量和被控制量的组合情况，理想受控源(线性)有四种，如图 1-8 所示。

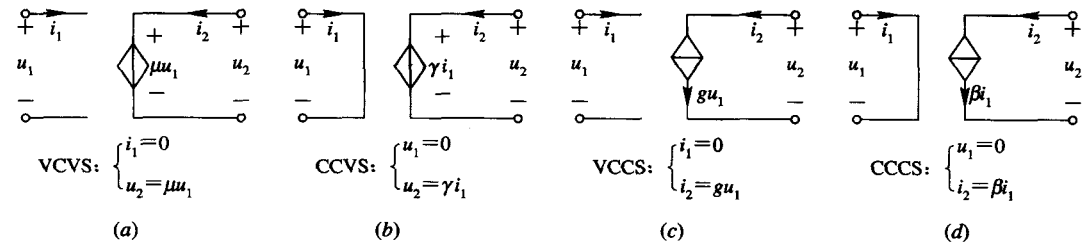


图 1-8

受控源与独立源对比：受控源与独立源(电压源和电流源)虽然同为电源，但却有本质的不同。独立源在电路中可起激励作用，因为有了它，所以才能在电路中产生响应；而受控源则不能直接起激励作用，它的电压或电流受电路中其他电压或电流的控制，控制量存在，则受控源就存在，当控制量为零时，则受控源也为零。因此，受控源仅表示这种“控制”与“被控制”的关系，是电路内部的一种物理现象而已。

受控源的功率计算：采用关联的参考方向，受控源吸收功率为

$$p(t) = u_1 i_1 = u_2 i_2$$

由各类受控源的端口特性可知，控制支路不是开路($i_1 = 0$)就是短路($u_1 = 0$)，故对所有受控源，其功率为

$$p(t) = u_2 i_2$$

即由受控源被控支路来计算受控源的功率。

1.1.5 电路等效概念

1. 等效的定义

两个一端口网络 N_1 和 N_2 ，如果它们的端口伏安关系完全相同，则 N_1 和 N_2 是等效的，或称 N_1 和 N_2 互为等效电路。

注意：这两个网络 N_1 和 N_2 内部结构和元件参数可能完全不同，但对其外部电路而言，无论接入的是 N_1 还是 N_2 ，它们的作用完全相同，因而外部电路各处的电流、电压将不会改变，故等效又称为“对外等效”。

等效的另一定义：两个二端网络 N_1 和 N_2 ，若能分别连接到同一个任意的二端网络 M 而不影响 M 内的电压和电流值，则 N_1 和 N_2 是等效的(如图 1-9 所示)。

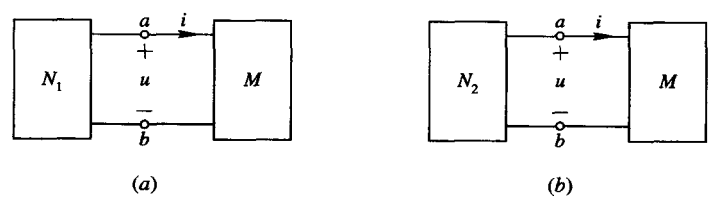


图 1-9

2. 利用等效定义求等效电路——端口伏安关系法

一个一端口网络的端口伏安关系完全由它本身确定,与外电路无关。就像一个电阻元件的伏安关系为 $u=Ri$ 一样,不会因为电阻所接的外电路不同而有所不同。

只要求出一个一端口网络的端口伏安关系,即可根据这一伏安关系得到该一端口网络的化简等效电路。这种方法称为端口伏安关系法,该方法适用于任何一端口网络的等效化简。

1.1.6 一些简单的等效规律和公式

图 1-10~图 1-17 所示是从定义出发导出的一些等效规律和公式,各图中左右两网络互为等效,在等效化简分析电路中可直接引用。

1. 电阻的串联

分压公式:

$$u_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u, \quad u_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u$$

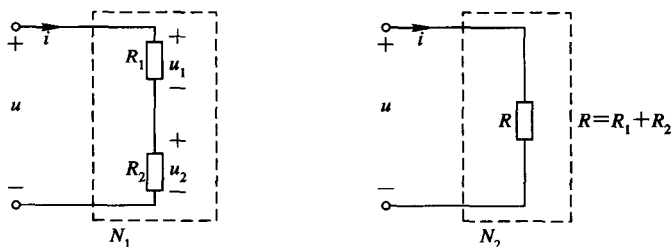


图 1-10

2. 电阻的并联

分流公式:

$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i, \quad i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i$$

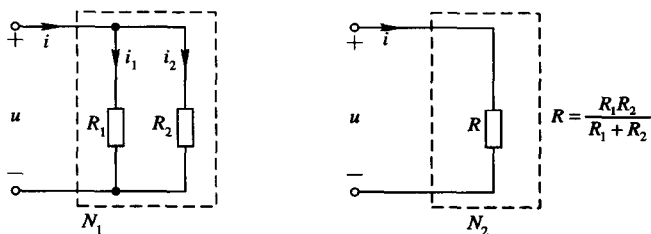


图 1-11

3. 电阻 Y 形连接和 Δ 形连接的等效变换

在图 1-12 中:

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}, \quad R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}, \quad R_{31} = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

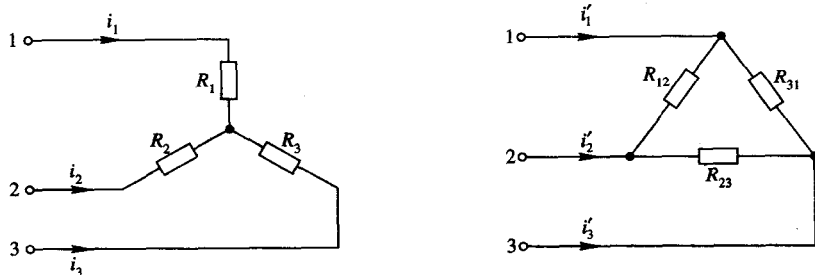


图 1-12

当 Y 形电路的三个电阻相等即对称时, Δ 形电路的三个电阻也相等即对称, 即若 $R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$, 则 $R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_{\Delta} = 3R_Y$ 。

4. 两电压源的串联

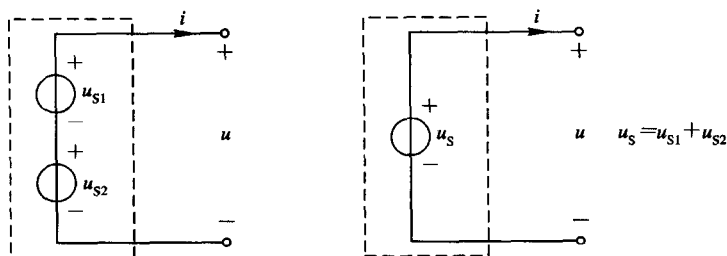


图 1-13

5. 两电流源的并联

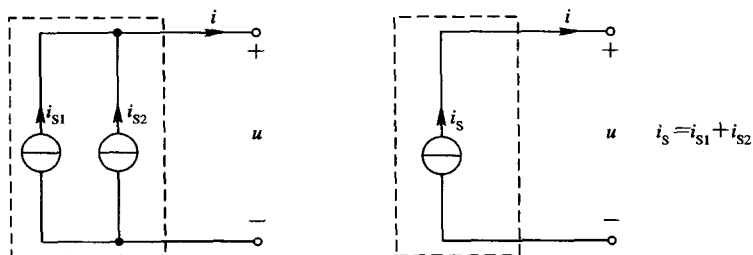


图 1-14

6. 电压源与多余元件的并联

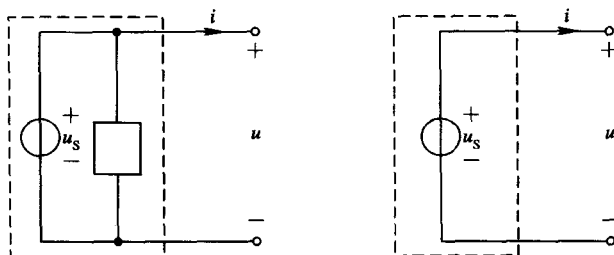


图 1-15

7. 电流源与多余元件的串联

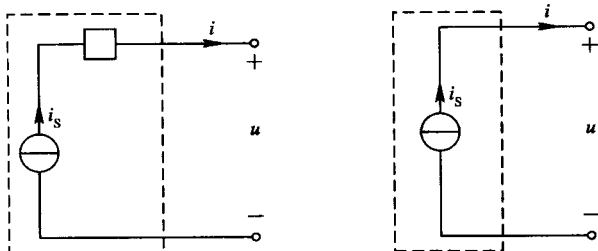


图 1-16

8. 电压源与电阻的串联及电流源与电阻的并联

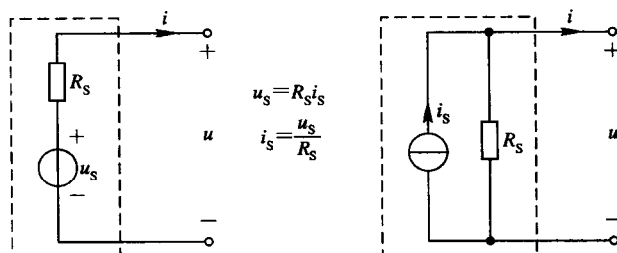


图 1-17

1.1.7 利用等效概念分析电路

1. 分析方法

运用等效概念分析电路时首先必须明确两个问题：(1) 凭什么去作等效——寻求相同的端口伏安关系；(2) 为了求什么去作等效——为求端口以外的任意变量。

利用等效概念分析电路，目的是简化电路并从简化了的电路中求取变量。求一端口网络的等效电路问题的通用方法是列出一端口网络的伏安关系法。对于含有独立源但无受控源的网络，还可用“电源模型互换法”。一些简单的等效规律可在化简一端口网络时直接使用，不必每次从基本定义出发。

2. 重要结论

(1) 一个不含独立源的电阻性一端口网络(可以含受控源，但必须是明确的网络)等效为一个电阻(可列出其端口伏安关系为 $u = R_{eq} i$ 的形式)。

(2) 一个含独立源的电阻性一端口网络(可以含受控源)可以等效为一个电压源和一个电阻的串联组合，或一个电流源和一个电阻的并联组合。

3. 分解方法

电路分析中，若我们只对某些局部的电压、电流感兴趣时，可把原电路分解为若干个

“小网络”，即若干个子网络，对这些子网络逐一求解从而得出所需结果。最简单的情况是把原电路看成是由两个通过两根导线相连的两个一端口网络所组成的，如图 1-18 所示。若欲求 N_1 和 N_2 内部电压、电流，则可计算连接两网络处的 i 和 u 值，再求所需变量。这种方法称为分解方法。其基本步骤为

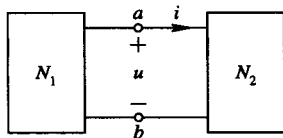


图 1-18

- (1) 把给定网络划分为两个一端口网络 N_1 和 N_2 ；
- (2) 分别求出 N_1 和 N_2 在端口处的等效电路；
- (3) 把原电路化简为单回路电路和单节点偶电路，求出 i 和 u 值。
- (4) 分别求解网络 N_1 和 N_2 内部的待求变量。

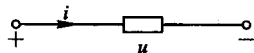
1.2 基本要求

- (1) 掌握电路模型、理想元件的概念，了解集总假设。
- (2) 理解电流、电压、功率的定义，理解参考方向的概念，掌握电位和功率的计算方法。
- (3) 理解电阻元件、独立源、受控源的定义及其端口伏安关系。
- (4) 理解基尔霍夫电流定律(KCL)和电压定律(KVL)及其实质，掌握 KCL 和 KVL 方程的列写方法。
- (5) 理解两类约束是电路分析的基本依据。
- (6) 掌握简单电路(单回路电路和单节点偶电路)的分析方法。
- (7) 理解电路等效变换的概念，掌握端口伏安关系的化简方法。
- (8) 掌握电阻串、并、混联电路的等效化简与计算。
- (9) 了解电阻 Y 形连接与 Δ 形连接的等效变换。
- (10) 理解实际电源的两种模型及其等效变换。
- (11) 掌握含独立源网络的化简方法。
- (12) 掌握含受控源电路的化简方法。

1.3 习题全解

1-1 题 1-1 图是电路中的一条支路，其电流、电压参考方向如图所示。

- (a) 如 $i=2\text{ A}$, $u=4\text{ V}$, 求元件吸收功率；
- (b) 如 $i=2\text{ mA}$, $u=-5\text{ mV}$, 求元件吸收功率；
- (c) 如 $i=2.5\text{ mA}$, 元件吸收功率 $p=10\text{ mW}$, 求电压 u ；
- (d) 如 $u=-200\text{ V}$, 元件吸收功率 $p=12\text{ kW}$, 求电流 i 。



题 1-1 图

解 图中，元件电压、电流参考方向关联，则元件吸收功率为 $p=ui$ 。

- (a) $i=2\text{ A}$, $u=4\text{ V}$, $p=ui=8\text{ W}$, 即吸收功率为 8 W ；
- (b) $i=2\text{ mA}$, $u=-5\text{ mV}$, $p=ui=-10\text{ }\mu\text{W}$, 即吸收功率为 $-10\text{ }\mu\text{W}$ ；

(c) $i=2.5\text{ mA}$, $p=10\text{ mW}$, $u=\frac{p}{i}=4\text{ V}$;

(d) $u=-200\text{ V}$, $p=12\text{ kW}$, $i=\frac{p}{u}=-60\text{ A}$ 。

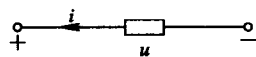
1-2 题 1-2 图是电路中的一条支路, 其电流、电压参考方向如图所示。

(a) 如 $i=2\text{ A}$, $u=3\text{ V}$, 求元件发出功率;

(b) 如 $i=2\text{ mA}$, $u=5\text{ V}$, 求元件吸收功率;

(c) 如 $i=-4\text{ A}$, 元件发出功率 20 W , 求电压 u ;

(d) 如 $u=400\text{ V}$, 元件发出功率 -8 kW , 求电流 i 。



题 1-2 图

解 图中, u 、 i 参考方向非关联, 则元件吸收功率为 $p=-ui$, 发出功率为 $p'=ui$ 。

(a) $i=2\text{ A}$, $u=3\text{ V}$, $p'=ui=6\text{ W}$, 即发出功率为 6 W ;

(b) $i=2\text{ mA}$, $u=5\text{ V}$, $p=-ui=-10\text{ mW}$, 即吸收功率为 -10 mW ;

(c) $i=-4\text{ A}$, $p'=20\text{ W}$, $u=\frac{p'}{i}=-5\text{ V}$;

(d) $u=400\text{ V}$, $p'=ui=-8\text{ kW}$, $i=\frac{p'}{u}=-20\text{ A}$ 。

1-3 如某支路的电流、电压为关联参考方向, 分别求下列情况的吸收功率, 并画出功率与时间关系的波形。

(a) 如 $u=3\cos\pi t(\text{V})$, $i=2\cos\pi t(\text{A})$;

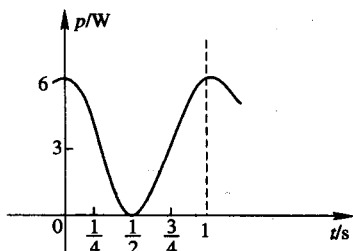
(b) 如 $u=3\cos\pi t(\text{V})$, $i=2\sin\pi t(\text{A})$ 。

解 u 、 i 为关联参考方向, 则 $p=ui$ (吸收功率)。

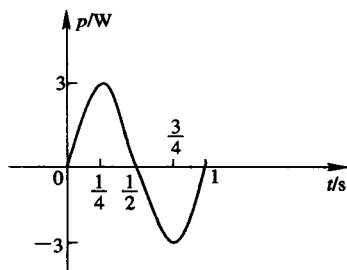
(a) $p=ui=3\cos\pi t \cdot 2\cos\pi t=3\cos 2\pi t+3(\text{W})$;

(b) $p=ui=3\cos\pi t \cdot 2\sin\pi t=3\sin 2\pi t(\text{W})$ 。

据此画出功率与时间关系的波形如题 1-3 解图所示。



(a)



(b)

题 1-3 解图

1-4 某支路电流、电压为关联参考方向, 其波形如题 1-4 图所示。分别画出其功率和能量的波形(设 $t=0$ 时, 能量 $w(0)=0$)。

解 (a) 据图(a)电压、电流波形可写出如下表达式(时间单位为 ms):

$$u = \begin{cases} 5t & 0 < t \leq 1 \\ -5t + 10 & 1 < t \leq 3 \\ 5t - 20 & 3 < t \leq 4 \end{cases} \quad (\text{V})$$