

DA XUE SHENG ZHI YOU

电路原理 解题分析

江苏科学技术出版社

内 容 简 介

本书精选了电路原理典型例题300余道。内容包括：电路的等效变换，线性电路的分析方法，网络图论，网络定理，正弦稳态电路分析，互感耦合电路和理想变压器，串并联谐振，双口网络等，并附求解线性电路方程及换算网络参数的BASIC程序和例题，在详解各种典型例题过程中，注意突出重点，剖析难点，分析解题的思路、方法和技巧，以帮助读者举一反三，加深对电路原理基本概念的理解，提高分析问题和解决问题的能力。

本书可作大专院校有关专业教师和学生的参考书，也可供电大、职工大学或在职进修的科技工作者参考。

电 路 原 理 解 题 分 析

高 瑞 章 编

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：江苏练湖印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张19.75 插页2 字数437,000

1987年10月第1版 1987年10月1第次印刷

印数1—4,330册

ISBN 7-5345-0158-X/TM·3

统一书号：15196·239 定价：4.15元

责任编辑 许顺生

前 言

“电路原理”（或电路分析基础）是理工科无线电、自控、电力等专业的一门重要基础课程。它的主要内容是在给定了电路或网络的结构后，如何由已知的激励求得相应的响应，因此既有较强的理论性，又与实际应用有紧密的联系。经验告诉我们，为了牢固掌握有关的基本定理并熟悉它的应用，在学习本课程的过程中，必须广泛接触各类实际例子，多练，多算，才能收到举一反三、触类旁通之效。正是从这种想法出发，本书详细分析了有关典型例题 300 余道，以帮助学学生及正在学习电路原理的其他读者学好这门课程，也为从事电路原理课程教学的教师提供一本辅导参考材料。

全书共分八章，主要内容包括电路的基本定律、电路的等效变换、线性电路的分析方法、网络图论、网络定理、正弦稳态电路分析、互感耦合电路和理想变压器，串并联谐振，双口网络等。全书的讨论仅限于线性元件及其稳态响应。

本书在叙述上力求简明扼要，做到讲清基本概念、基本理论和基本方法，每节开头首先对有关概念、定律和公式作简要介绍和说明，然后通过若干典型例题的求解说明它们在具体问题中的应用，最后小结有关重要结论，归纳解题规律，指出应该注意的问题。

在解题过程中注意突出重点，剖析难点，分析解题的思路、方法和技巧。为适应微型计算机的普及和应用，书中还

在第三和第八两章给出了求解线性电路和换算网络参量的 BASIC 程序，以供读者参考。

此外，对近代电路理论中十分活跃的学科分支——网络图论，也作了初步的叙述；通过例题着重阐明网络图论的基本内容和方法，给出了以节点分析法为基础的直流电路分析的 BASIC 程序，使读者对利用计算机完成电路自动分析的概貌有所了解。本书所列的 BASIC 程序和例题（除矩阵语句外）均在苹果 II 型（Apple-II）计算机上调试通过。

编者多次担任“电路分析基础”课程的教学，本书中部分例题是从教学习题中精选出来的，其他则选自国内外有关教科书，这些例题均具有典型性。

在编写本书过程中，曾得到吴培亨、张善杰、张尧培、姜卜香、唐汉等同志的热情关怀和帮助，张善杰副教授还在百忙中审阅了本书的手稿，在此一并致以深切的谢意。

由于编者水平有限，错误和不妥的地方，恳请读者不吝批评指正。

编 者

1985年9月于南京大学

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律

§ 1-1 基尔霍夫定律	(1)
一、原理与公式	(1)
二、解题与分析	(2)
三、小结	(9)
§ 1-2 独立源和受控源	(10)
一、原理与公式	(10)
二、解题与分析	(12)
三、小结	(16)
§ 1-3 电阻、电感和电容元件的特性	(16)
一、原理与公式	(16)
二、解题与分析	(18)
三、小结	(37)
习题	(38)
答案与提示	(41)

第二章 电路的等效变换

§ 2-1 等效电阻	(43)
一、原理与公式	(43)

二、解题与分析	(45)
三、小结	(61)
§ 2-2 有源二端网络的等效变换	(62)
一、原理与公式	(62)
二、解题与分析	(65)
三、小结	(79)
§ 2-3 含有受控源电路的等效变换	(81)
一、原理与公式	(81)
二、解题与分析	(82)
三、小结	(93)
§ 2-4 理想运算放大器及其等效电路	(94)
一、原理与公式	(94)
二、解题与分析	(95)
三、小结	(106)
习题	(106)
答案与提示	(110)

第三章 线性电路的分析方法

§ 3-1 线性代数方程组求解程序	(112)
§ 3-2 支路电流法	(123)
一、原理与公式	(123)
二、解题与分析	(123)
§ 3-3 网孔分析法	(131)
一、原理与公式	(131)
二、解题与分析	(132)
§ 3-4 节点分析法	(155)
一、原理与公式	(155)
二、解题与分析	(157)

本章小结	(184)
习题	(186)
答案与提示	(190)

第四章 网络图论

§ 4-1 基本概念	(192)
一、定义	(192)
二、解题与分析	(193)
§ 4-2 图的矩阵表示	(201)
一、原理与公式	(201)
二、解题与分析	(203)
三、小结	(213)
§ 4-3 节点分析法	(213)
一、原理与公式	(213)
二、解题与分析	(217)
三、小结	(230)
§ 4-4 回路分析法	(231)
一、原理与公式	(231)
二、解题与分析	(233)
三、小结	(245)
§ 4-5 割集分析法	(246)
一、原理与公式	(246)
二、解题与分析	(249)
三、小结	(266)
§ 4-6 直流分析程序	(266)
一、求解方法	(266)
二、例题	(271)
三、小结	(280)

习题	(280)
答案与提示	(282)

第五章 网络定理

§ 5-1 叠加定理	(285)
一、原理与公式	(285)
二、解题与分析	(286)
三、小结	(297)
§ 5-2 替代定理 (置换定理)	(298)
一、原理与公式	(298)
二、解题与分析	(298)
三、小结	(304)
§ 5-3 戴维南定理和诺顿定理	(305)
一、原理与公式	(305)
二、解题与分析	(306)
三、小结	(322)
§ 5-4 互易定理	(323)
一、原理与公式	(323)
二、解题与分析	(325)
三、小结	(334)
§ 5-5 特勒根定理	(334)
一、原理与公式	(334)
二、解题与分析	(335)
三、小结	(346)
§ 5-6 对偶定理	(347)
一、原理与公式	(347)
二、解题与分析	(349)
三、小结	(353)

习题	(353)
答案与提示	(357)

第六章 正弦稳态电路分析

§ 6-1 正弦信号与相量表示式	(359)
一、基本概念	(359)
二、解题与分析	(361)
三、小结	(367)
§ 6-2 简单电路分析	(368)
一、原理与公式	(368)
二、解题与分析	(371)
三、小结	(393)
§ 6-3 复杂电路解法	(393)
一、原理与公式	(393)
二、解题与分析	(395)
三、小结	(412)
§ 6-4 正弦稳态电路的功率	(412)
一、原理与公式	(412)
二、解题与分析	(414)
三、小结	(430)
§ 6-5 谐振回路	(430)
一、原理与公式	(430)
二、解题与分析	(432)
三、小结	(446)
习题	(446)
答案与提示	(451)

第七章 互感耦合电路和理想变压器

§ 7-1 互感元件的伏安关系	(453)
一、原理与公式	(453)
二、解题与分析	(454)
三、小结	(462)
§ 7-2 互感电路的正弦稳态分析	(463)
一、原理与公式	(463)
二、解题与分析	(464)
三、小结	(481)
§ 7-3 耦合谐振电路	(482)
一、原理与公式	(482)
二、解题与分析	(485)
三、小结	(504)
§ 7-4 理想变压器	(505)
一、原理与公式	(505)
二、解题与分析	(507)
三、小结	(526)
习题	(527)
答案与提示	(531)

第八章 双口网络

§ 8-1 双口网络的参数和方程	(534)
一、原理与公式	(534)
二、解题与分析	(535)
三、小结	(554)

§ 8-2 双口网络参数之间的换算	(555)
一、原理与公式	(555)
二、解题与分析	(557)
三、小结	(572)
§ 8-3 双口网络的等效电路	(572)
一、原理与公式	(572)
二、解题与分析	(574)
三、小结	(580)
§ 8-4 双口网络的联接	(581)
一、原理与公式	(581)
二、解题与分析	(583)
三、小结	(596)
§ 8-5 双口网络的转移函数	(597)
一、原理与公式	(597)
二、解题与分析	(599)
三、小结	(615)
习题	(616)
解答与提示	(619)
主要参考书	(622)

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章主要介绍基尔霍夫定律和六种理想电路元件(电压源、电流源、受控源、电阻、电容和电感)的基本特性,通过对24个例题的解题和分析,以加深对基尔霍夫定律的理解,熟悉并掌握其在电路问题中的应用;同时进一步加深对电阻、电容、电感、独立源和受控源等理想元件特性的认识。

§ 1-1 基尔霍夫定律

一、原理与公式

1. 基尔霍夫电流定律(Kirchhoff's Current Law 简称为KCL)

基尔霍夫电流定律:在任一时刻,对电路中的任一节点,流入(或流出)该节点的所有支路电流的代数和恒等于零,即

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0 \quad (1-1-1)$$

式中, i_k 为通过第 k 条支路的电流。

2. 基尔霍夫电压定律(Kirchhoff's Voltage Law 简称为KVL)

基尔霍夫电压定律:在任一时刻,任一不含有电源的回

路中所有支路电压降的代数和为零，即

$$\sum_{k=1}^n v_k = 0 \quad (1-1-2)$$

式中， v_k 为第 k 条支路两端的电压降。

当回路中含有电源时，KVL 可表述为：在任一时刻，任一回路中各支路无源元件上电压降的代数和恒等于回路中电源电动势（电位升）的代数和，即

$$\sum_{k=1}^n i_k R_k = \sum_{j=1}^m E_j \quad (1-1-3)$$

式中， E_j 为回路中第 j 个电源的电动势。

基尔霍夫定律是分析电路问题的基本定律，它与电路中元件的性质无关。

二、解题与分析

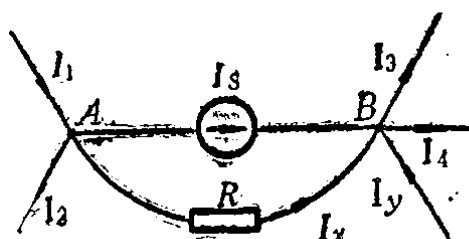


图 1-1-1

例 1-1-1 图 1-1-1 所示为某复杂电路的一部分，已知 $I_1 = 2\text{A}$ ， $I_2 = 5\text{A}$ ， $I_3 = 8\text{A}$ ， $I_4 = -6\text{A}$ ，电流源 $I_s = 4\text{A}$ ，试求电流 I_x 和 I_y 。

解 应用 KCL 求未知电流

解题步骤：

(1) 在运用 KCL 列节点方程时，首先必须标出所有支路电流的参考方面，对于未知电流，其参考方向可任意假定。如果最后计算出的结果电流是正值，说明实际电流的方向就是所假定的方向，如果计算出的结果电流是负值，说明实际电流的方向与所假定的方向相反。对本例，假设各支路电流的参考方向如图所示。并规定凡流入节点的电流取负值，流出节点的电流取正值。

(2) 根据 KCL, 可列出节点 A 的电流方程为

$$-I_1 + I_2 + I_5 + I_x = 0$$

即

$$-2 + 5 + 4 + I_x = 0$$

∴

$$I_x = 2 - 5 - 4 = -7 \text{ A}$$

而节点 B 的电流方程为

$$-I_x - I_5 - I_y + I_3 + I_4 = 0$$

$$-(-7) - 4 - I_y + 8 + (-6) = 0$$

$$I_y = 7 - 4 + 8 - 6 = 5 \text{ A}$$

(3) 计算结果 $I_x = -7 \text{ A}$ 为负值, 表示 I_x 的实际方向与参考方向相反, 在此情况下, 并不需要把图中所标的方向改过来。 $I_y = 5 \text{ A}$ 是正值, 表示 I_y 的实际方向与参考方向是一致的。

由本例可见, 在应用 KCL 时, 遇到了电流正负符号问题, 即如何选择各支路电流参考方向 and 规定流出 (或流入) 节点的电流取正或负的问题。需要指出, 支路电流参考方向的选择和流出 (流入) 节点的电流的正负符号都是可任意的。对于前者, 在选定了支路电流参考方向后, 其真实电流的方向完全由计算结果的正负号来标明, 正的数值, 表示两者方向一致; 反之, 则说明真实电流方向与所选择方向相反。对于后者不同的选择, 仅相当于在式 (1-1-1) 左边冠以正 (或负) 号, 而不影响结果; 电流是流出节点, 还是流入节点, 完全由电流的实际方向而定; 但对某节点建立电流方程时, 必须要对流出 (或流入) 节点的电流取正号作出规定。

例 1-1-2 图 1-1-2 为某电阻性电路中的一个闭合回路, 已知 $E_1 = 12 \text{ V}$, $E_2 = 6 \text{ V}$, $E_3 = 4 \text{ V}$, $V_1 = 3 \text{ V}$, $V_2 = 2 \text{ V}$, $V_3 = -5 \text{ V}$, 试求 V_4 。

解 应用 KVL 求未知电压。

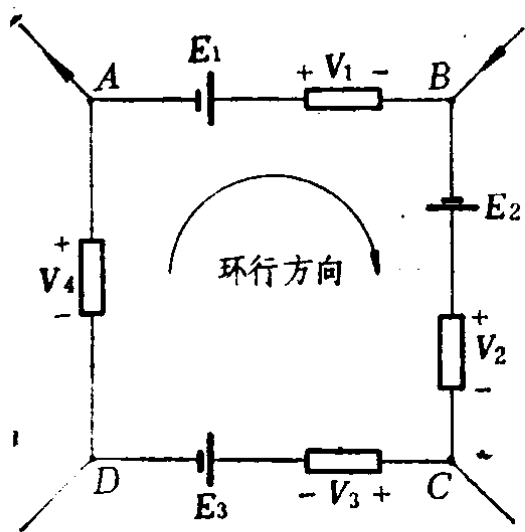


图 1-1-2

解题步骤:

(1) 先设待求电压的参考极性, 如图 1-1-2 所示。

(2) 选定回路环行方向。一般取顺时针方向为正方向(也可取逆时针方向为正方向), 如图所示。

(3) 列 KVL 方程。方程中电压降和电动势所取符号的确定方法如下:

(a) 元件上电压的参考极性与回路环行方向一致时, 该元件上的电压取正号, 反之取负号。

(b) 电源电动势的参考极性与回路环行方向一致时取正号, 反之取负号(注意: 电源的电压降总是与它电动势的大小相等而方向相反)。

根据 KVL, 对 ABCD 回路可得

$$V_1 + V_2 + V_3 - V_4 = E_1 + E_2 - E_3$$

即

$$3 + 2 + (-5) - V_4 = 12 + 6 - 4$$

∴

$$V_4 = -14\text{V}$$

V_4 为负值说明: V_4 的实际极性与图中所假设的极性相反。

从本例可见, 在运用 KVL 时, 也遇到类似于在运用 KCL 方程时所遇到的符号问题: 其一, 是各元件上的电压参考极性与真实极性之间的关系; 当选定参考极性之后, 计算结果的正值表示两者方向相同, 负的电压值表示两者相反。其二, 在建立电压回路方程时, 方程中各项前的符号, 其正负号取决于各元件电压降(或电源的电动势)的参考极性与

所选的环行方向是否一致，一致取正号，反之取负号。

必需指出：各元件上的电压参考极性和回路环行方向均可任意选择。

例1-1-3 试运用基尔霍夫定律写出图 1-1-3 所示的电路中节点 A、B、C、D 的电流方程和回路 I、II、III、IV、V 的电压方程。

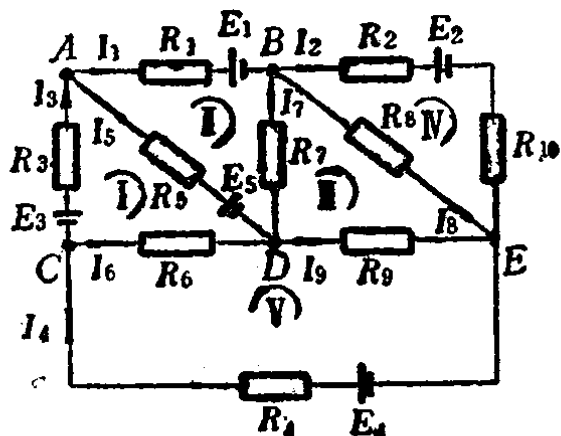


图 1-1-3

解 回路的环行方向如图所示，回路 I、II 和 IV 为顺时针方向，回路 III、V 为逆时针方向。若各支路电流的参考方向未给出，则必须首先标出各支路电流的参考方向，对于未知电流参考方向假定如图 1-1-3 所示。

(1) 应用 KCL 可写出各节点的电流方程：

节点 A: $I_1 - I_3 - I_5 = 0$

节点 B: $-I_1 + I_2 + I_7 - I_8 = 0$

节点 C: $I_3 - I_4 + I_6 = 0$

节点 D: $I_5 - I_6 - I_7 + I_9 = 0$

(2) 应用 KVL、可写出各回路的电压方程：

回路 I: $I_3 R_3 - I_5 R_5 - I_6 R_6 = E_3 - E_5$

回路 II: $I_1 R_1 + I_7 R_7 + I_5 R_5 = -E_1 + E_5$

回路 III: $I_7 R_7 + I_9 R_9 + I_8 R_8 = 0$

回路 IV: $I_2 R_2 + I_2 R_{10} + I_8 R_8 = -E_2$

回路 V: $-I_4 R_4 - I_9 R_9 - I_6 R_6 = -E_4$

例 1-1-4 图 1-1-4(a) 为一晶体三极管的偏置电路，试求 v_{be} 和 v_{ce} 。

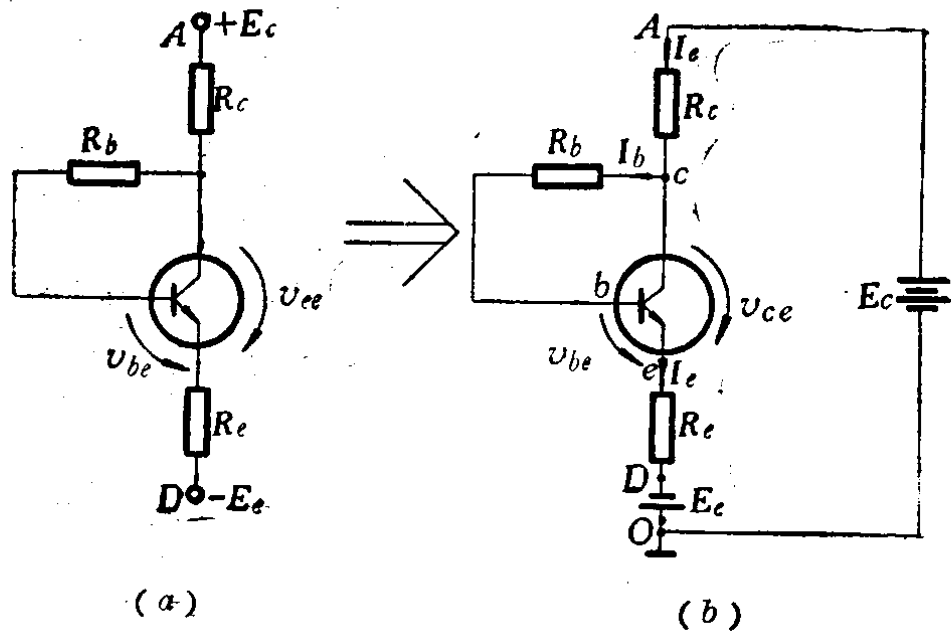


图 1-1-4

解 图 1-1-4(a) 为电子电路中常用的一种简便画法。即电源不用电池符号表示，仅标出其极性及电压的数值，A 端标有 $+E_c$ ，表示电压源的正极接在 A 端，其电压的数值为 E_c ，电压源的负极则接在参考点 O（不标出）；同样，D 端标出 $-E_c$ ，表示电压源的负极接在 D 端，其电压数值为 E_c ，正极也接在参考点 O（也不标出）。该电路的完整画法如图 1-1-4(b) 所示。

首先，选定各支路电流的参考方向和电压的极性，如图 1-1-4(b) 所示。

设回路的环行方向为逆时针方向，由(1-1-3)式，可写出 ADOA 回路的电压方程为

$$I_e R_c + v_{ce} + I_e R_e = E_c + E_c$$

所以

$$v_{ce} = E_c + E_c - I_e (R_c + R_e)$$

同理 AcbeDOA 回路的电压方程为：

$$I_b R_c + I_b R_b + I_e R_e + v_{be} = E_c + E_c$$