

研究生入学 试题分析

—— 电路、信号与系统、电子技术

陆明达

唐九妹

汪惟苹

编

SHUOSHISHENG RUXUE SHITI FENXI

同济大学出版社

研究生入学试题分析

——电路、信号与系统、电子技术

陆明达 汪惟莘 唐九妹 编

同济大学出版社

内 容 提 要

本书是根据广大电专业考生的需求而编写的。书中内容大部分选自近年来国内大专院校的研究生入学试题,其中也选择了部分美国考核工程师用试题和编者在长期的教学实践中积累的典型例题。

全书共分四部分:即电路(网络)分析基础、信号与系统、电子技术、附录。

本书可供有志于攻读电专业硕士学位的考生选用,也可供有关教师、工程技术人员参考。

责任编辑 张平官

封面设计 王肖生

研究生入学试题分析

——电路、信号与系统、电子技术

陆明达 汪惟苹 唐九妹 编

*

同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行

大丰县第二印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 22

字数: 675 千字

1987年6月第1版

1987年6月第1次印刷

印数: 1—10,000

科技新书目: 123—206

统一书号: 13935·019

定价: ~~5.00~~元

4.6

前 言

电路(网络)分析,信号与系统分析,模拟与数字电子电路分析是电气工程各专业的三门重要的基础课。目前,它们已被不少高等院校列为电专业硕士研究生的入学考试课目。

要顺利地通过这三门专业基础课的考试,首先,必须适度地把握内容的深度和广度,然后要熟悉各课试题的类型,掌握各种解题的技巧等。目前,这两点正是不少考生所缺少而又迫切需要解决的。基于这个原因,我们收集了国内各高等院校电专业硕士研究生的有关入学试题以及美国国家考核电气工程师的试题,选择了部分具有代表性的内容并充实进我们在多年的教学实践中积累的具有典型意义的例题,加以分析、归纳、整理,汇集编写成此书,供大家参考。题海茫茫,在本书有限的篇幅内,显然无法将典型的例题收罗齐全。我们希望读者能根据本书的典型例题,触类旁通,举一反三。

由于本书中的题目大多数是来自各单位的试题。因此,所用的符号不尽一致。兹权衡再三,决定保持原试题的风格,除个别地方略作修正外,暂不作统一处理,敬请读者鉴谅。在本书的最后,我们选编了一些常用公式、变换对作为附录。可供读者查用。

本书的第一部分由陆明达编写;第二部分由汪惟萃编写;第三部分由唐九妹编写。全书由陆明达统一定稿。由于我们水平有限,书中倘有不当与疏漏之处,欢迎读者批评指正。

本书得以完成是与多方面的支持分不开的。感谢王应生同志为我们提供了大量的素材,并参加了部分章节的编写,感谢陈跃波、孙建中、蔡伟鸿等同志所进行的解题工作。对于同济大学电工原理教研室与电子技术教研室,桂林电子工业学院信号与系统

教研室对我们工作的支持深表谢意。最后，对上海工业大学戈以荣副教授从百忙中抽出时间审阅书稿，並提出许多宝贵意见表示衷心感谢。

作 者

一九八六年四月

目 录

第一部分 电路（网络）分析基础

- 一 电阻电路分析····· (1)
- 二 动态电路分析····· (23)
- 三 正弦稳态电路分析····· (58)
- 四 互感耦合电路分析····· (97)
- 五 双口网络分析····· (110)
- 六 简单非线性电路及图论····· (152)
- 七 有源电路分析及滤波概念····· (164)

第二部分 信号与系统分析

- 一 连续时间系统时域分析····· (181)
- 二 频域分析····· (227)
- 三 复频域(s 域)分析····· (295)
- 四 离散时间系统分析····· (379)
- 五 系统的状态变量分析法····· (433)

第三部分 电子技术

- 一 模拟电子电路分析····· (474)
- 二 数字电子技术····· (604)

第四部分 附 录

- 附录A 冲激函数 $\delta(t)$ 及阶跃函数 $U(t)$ 微分运算法则 (676)

附录B	常用函数卷积表·····	(678)
附录C	1. 傅里叶变换性质表·····	(679)
	2. 常用周期信号的傅里叶系数表·····	(681)
	3. 常用信号的傅里叶变换表·····	(684)
附录D	1. 拉氏变换性质表·····	(691)
	2. 常用函数拉氏变换表·····	(693)
附录E	1. z 变换性质表·····	(694)
	2. 典型序列的 z 变换表·····	(695)
附录F	几何级数求值公式表·····	(696)

第一部分

电路（网络）分析基础

一 电阻电路分析

1.1-1 求图 1.1-1 所示电路的各支路电流, 并计算电压源 U_s 和电流源 I_s 的输出功率。

(东北工学院一九七九年试题)

解: 电路分析必须先假设参考方向, 否则解答无效且混乱。一般而言, 取元件上电流电压为关联参考方向 (或说正方向一致原则)。设各支路电流参考方向如图, 其下标编号任意, 一般与支路元件编号一致。

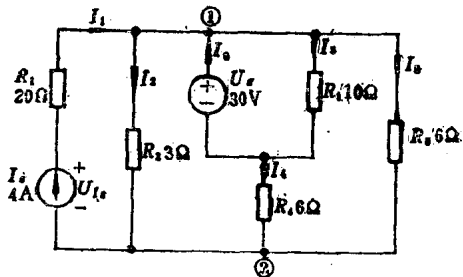


图 1.1-1

电路分析方法众多, 对于如本题要求全面求解的问题, 常宜采用回路法与节点法。由于本题的独立节点数少于独立回路数, 故选用节点法为宜。值得注意的是, 电流 I_1 由电流源 I_s 所约束, 即 $I_1 = I_s = 4A$, 所以电阻 R_1 仅对电流源两端电压 U_{I_s} 有影响而对其他支路无关, 在列写回路或节点方程时应不予计入。同理, 电阻 R_3 上的电流由电压源 U_s 所约束, 即 $I_3 = U_s / R_3 = 3A$,

R_3 仅对电压源支路电流 I_6 有关而对其它支路毫无影响, 列方程时也不予计入。(从电路等效角度看, R_1 可短接, R_3 可开断, 对电路的回路与节点方程无影响, 只在求 U_{I_s} 与 I_6 时必须计入)。

选节点②为参考节点, 则节点方程为

$$\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}\right)U_1 = I_s + U_s/R_4$$

代入数据並解之得 $U_1 = 13.5\text{V}$

则由欧姆定律及 KCL 得 $I_1 = I_s = 4\text{A}$

$$I_2 = U_1/R_2 = 4.5\text{A}$$

$$I_3 = U_s/R_3 = 3\text{A}$$

$$I_4 = (U_1 - U_s)/R_4 = -2.75\text{A}$$

$$I_5 = U_1/R_5 = 2.25\text{A}$$

$$I_6 = I_3 - I_4 = 5.75\text{A}$$

电流源两端电压 $U_{I_s} = R_1 I_1 + U_1 = 93.5\text{V}$

以下求解电源输出功率。按关联参考方向, 二端元件吸收(消耗)功率 $P_i = U_i I_i$ 。如果算得 $P_i < 0$, 表明该二端元件吸收(消耗)负功率, 换言之, 当在关联参考方向下算得的 $P_i < 0$ 时, 表明该二端元件实际上是发出功率, 其数值大小等于 $|P_i|$ 。如果取二端元件上电流电压为非关联参考方向, 则其电流电压乘积 $P_i = U_i I_i$ 表示该二端元件所发出的功率。本题电压源 U_s 与电流源 I_s 上的电流电压故意设为非关联参考方向, 则它们输出功率分别为:

$$I_s U_{I_s} = 374\text{W} \quad (\text{电流源输出})$$

$$U_s I_6 = 172.5\text{W} \quad (\text{电压源输出})$$

1.1-2 (1) 图 1.1-2 (a) 所示电路中, $U_{AB} = 5\text{V}$, 试求 U_s ,

(2) 图 1.1-2 (b) 所示电路中, $u_c = \cos 2t$, 试求 u_R

及 i_s 。

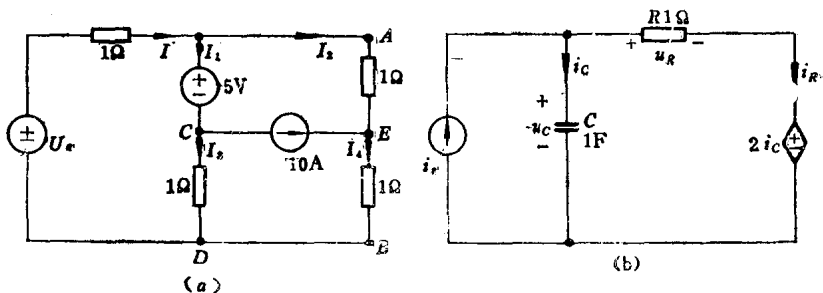


图 1.1-2

(北京工业学院一九八一年试题)

解：本题为电路分析基础的典型问题。

(1) 在图 1.1-2(a) 电路中，标上各支路电流的参考方向。只要求得电流 I 之值便可得解。又设 I_3 支路两端为 CD ，据 KVL ，

$$U_{CD} = -5 + U_{AB} = -5 + 5 = 0V$$

则由欧姆定律知

$$I_3 = U_{CD}/1 = 0A$$

在节点 C 上列 KCL 方程得

$$I_1 = I_3 + 10 = 10A$$

在节点 E 上列 KCL 方程并与 $U_{AB} = U_{AE} + U_{EB}$ 联立

$$\begin{cases} I_2 + 10 = I_4 \\ U_{AB} = 5 = I_2 \cdot 1 + I_4 \cdot 1 = I_2 + I_4 \end{cases}$$

解得

$$I_2 = -2.5A, \quad I_4 = 7.5A$$

由节点 D 知，

$$I = I_3 + I_4 = I_4 = 7.5A$$

所以

$$U_s = I \cdot 1 + U_{AB} = 7.5 + 5 = 12.5 \text{ V}$$

(2) 在图 1.1-2(b) 电路中, 设流过 R 与 CCVS($2i_c$) 的电流为 i_R 。由电容器上电流、电压关系得

$$i_c = C \frac{du_c}{dt} = C \frac{d}{dt} \cos 2t = -2 \sin 2t \text{ A}$$

因此, $2i_c$ 受控源 (CCVS) 的值为 $-4 \sin 2t \text{ V}$

$$u_R = u_c - 2i_c = \cos 2t + 4 \sin 2t = 4.123 \cos(2t - 76^\circ) \text{ V}$$

$$i_R = u_R / R = 4.123 \cos(2t - 76^\circ) \text{ A}$$

所以

$$i_s = i_c + i_R = -2 \sin 2t + 4.123 \cos(2t - 76^\circ)$$

$$= 2.24 \cos(2t - 63^\circ) \text{ A} \quad \text{解毕。}$$

注: 有了复数表示法, 三角函数的运算得到极大简化,

$$\begin{aligned} \text{例如, } \cos 2t + 4 \sin 2t &= \operatorname{Re}[e^{j0^\circ} \cdot e^{j2t}] \\ &+ \operatorname{Re}[4e^{-j90^\circ} \cdot e^{j2t}] \\ &= \operatorname{Re}[(1 - j4)e^{j2t}] \\ &= \operatorname{Re}[4.123e^{-j76^\circ} e^{j2t}] \\ &= 4.123 \cos(2t - 76^\circ) \end{aligned}$$

其相量关系图如图 1.1-2(c)。

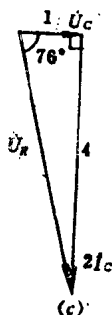


图 1.1-2

1.1-3 用网孔分析法求图 1.1-3(a) 中的 u_x 、 i_Y 、 i_R 。其中受控源是电压控制电流源 VCCS。

解: 设网孔电流如图 1.1-3(b) 所示, 并设受控电流源两端的电压为 u , 参考方向如图。

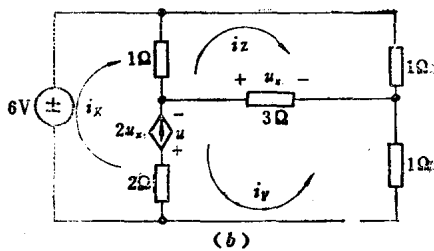
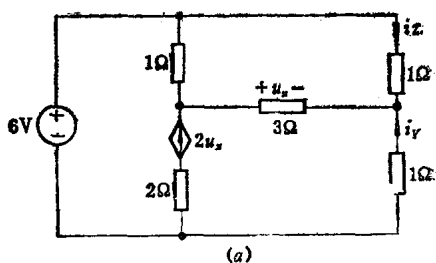


图 1.1-3

由网孔法可写出相应的网孔方程

$$\begin{cases} 3i_x + 2i_y - i_z = 6 + u & \text{①} \\ 2i_x + 6i_y + 3i_z = u & \text{②} \\ -i_x + 3i_y + 5i_z = 0 & \text{③} \end{cases}$$

另有

$$i_x + i_y = -2u_x \quad \text{④}$$

$$u_x = -3(i_y + i_z) \quad \text{⑤}$$

⑤ × 2 代入 ④ 得

$$i_x - 5i_y - 6i_z = 0 \quad \text{⑥}$$

① - ②可得

$$i_X - 4i_Y - 4i_Z = 6 \quad (7)$$

由③、⑥、⑦式消去 i_X 得

$$\begin{cases} -2i_Y - i_Z = 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} -i_Y + i_Z = 6 \end{cases} \quad (9)$$

由⑧、⑨式可解得

$$i_Y = -2A$$

$$i_Z = 4A$$

所以

$$\begin{aligned} u_X &= -3(i_Y + i_Z) \\ &= -6V \end{aligned}$$

对于有受控源的电路，在列写回路或节点方程时，可以先把它们作为独立源看待，如本题设 VCCS 两端电压为 u ，也就是把它看作一个电压源（当然也可不设 u ，而直接把它看作一个电流源），然后，再由受控关系列出辅助方程联立求解，如本题中方程④、⑤。

1.1-4 用节点电压法求图示电路各支路电流。

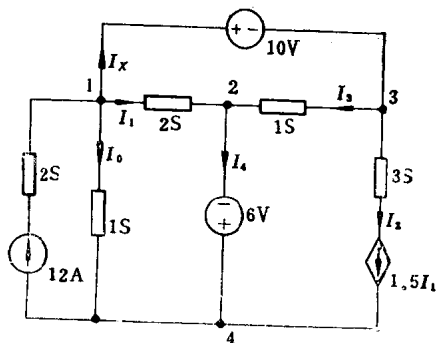


图 1.1-4

(东北工学院一九八三年试题)

解：节点编号如图所示，选节点 4 为参考点，则 $U_2 = -6\text{V}$ 。因此，在使用节点电压方程规则列写法时可少列节点 2 的方程，且在 1~3 之间电压源支路上设一电流变量 I_x 。应注意到与电流源串联的电导是一个虚元件，它只影响与之串联电流源两端的电压，对外电路毫无影响，因此可以撤除（短接），列方程时应不予计入。节点电压方程为：

$$\begin{cases} (1+2)U_1 - 2U_2 = 12 - I_x \\ U_2 = -6 \\ -U_2 + U_3 = I_x - 1.5I_1 \end{cases}$$

辅助方程为

$$\begin{cases} I_1 = 2(U_1 - U_2) & \text{受控源控制量关系} \\ U_1 - U_3 = 10 & 1\sim 3 \text{ 支路约束关系} \end{cases}$$

由以上五个方程联立，可解得

$$\begin{cases} U_1 = -2\text{V} \\ U_3 = -12\text{V} \\ I_x = 6\text{A} \\ I_1 = 8\text{A} \end{cases}$$

设其它支路的电流编号及参考方向如图，则

$$\begin{cases} I_0 = U_1 \cdot 1 = -2\text{A} \\ I_3 = (U_3 - U_2) \cdot 1 = -6\text{A} \\ I_2 = 1.5I_1 = 12\text{A} \\ I_4 = I_1 + I_3 = 2\text{A} \end{cases}$$

1.1-5 如图所示电路, $R_0 = 4\Omega$, $R_1 + R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 12\Omega$, $R_4 = 6\Omega$, $E_1 = 32\text{V}$, 当 $E_2 = 120\text{V}$ 时, E_1 不发生功率也不消耗功率。若 $E_2 = 192\text{V}$ 时, E_1 的功率是多少?

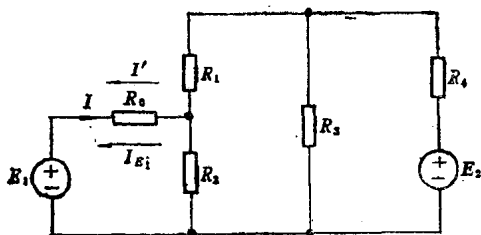


图 1.1-5

(中南矿冶学院一九八三年试题)

解: 由题意, 当 $E_2 = 120\text{V}$ 时, E_1 支路的电流 $I = 0$, 于是 $U_{R_2} = E_1 = 32\text{V}$ 。

$$\begin{aligned} \text{由分压关系知 } U_{R_3} &= \frac{(R_1 + R_2) \parallel R_3}{R_4 + (R_1 + R_2) \parallel R_3} E_2 \\ &= \frac{6 \parallel 12}{6 + 6 \parallel 12} \times 120 = 48\text{V} \end{aligned}$$

$$R_2 = \frac{U_{R_2}}{U_{R_3}} (R_1 + R_2) = \frac{32}{48} \times 6 = 4\Omega,$$

$$R_1 = 2\Omega$$

若 $E_2 = 192\text{V}$ 时, 应用迭加定理, 当 E_1 单独作用时,

$$R = R_3 + R_2 \parallel (R_1 + R_3 \parallel R_4)$$

$$= 4 + 4 \parallel (2 + 12 \parallel 6) = 6.4\Omega$$

故总电流

$$I = E_1 / R = 32 / 6.4 = 5\text{A}$$

当 E_2 单独作用时, 总电阻

$$\begin{aligned} R' &= [(R_0 \parallel R_2) + R_1] \parallel R_3 \\ &= 3\Omega \quad (\text{不计 } R_4) \end{aligned}$$

于是

$$U_{R_3} = \frac{R'}{R_4 + R'} E_2 = \frac{3}{6+3} \times 192 = 64\text{V}$$

$$U_{R_0} = \frac{R_0 \parallel R_2}{R_1 + R_0 \parallel R_2} \times U_{R_3} = \frac{2}{2+2} \times 64 = 32\text{V}$$

$$I' = \frac{U_{R_0}}{R_0} = \frac{32}{4} = 8\text{A}$$

若令 I' 的正方向为正, 于是流过 R_0 、 E_1 串联支路的总电流是

$$I_{E1} = I' - I = 8 - 5 = 3\text{A}$$

$$P_{E1} = I_{E1} \cdot E_1 = 3 \times 32 = 96\text{W} \quad (\text{吸收})$$

1.1-6 求图 1.1-6 (a) 电路对负载 R_L 的代文宁等效电路。

(西北工业大学一九八一年试题)

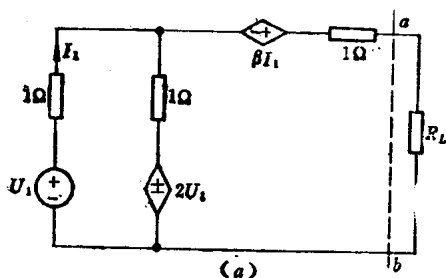


图 1.1-6

解: 设负载 R_L 两端为 a 、 b 。则代文宁等效电压源的值 U_{ab0} 为 a 、 b 左侧电路的开路电压。

$$\begin{aligned} U_{ab0} &= \beta I_1' + \\ &\quad (-I_1' \times 1) + U_1 \end{aligned}$$

式中 $I_1' = (U_1 - 2U_1)/2 = -U_1/2$ 是 a 、 b 开路时的电流 I_1 之值。

这样

$$U_{ab0} = \beta \left(-\frac{U_1}{2} \right) + \frac{U_1}{2} + U_1 = (3 - \beta) \frac{U_1}{2}$$

代文宁等效电压源的内阻 R_{ab} 的求法有两种。其一是求 a 、 b 间的短路电流 I_{ab0} ，则 $R_{ab} = U_{ab0}/I_{ab0}$ 。其二是把 a 、 b 左侧电路中所有独立源置零（电压源短路，电流源开路），然后从 a 、 b 向左看进去的电阻值即为 R_{ab} （注意：此时所有受控源均作为电阻性元件处理）。这里，我们用方法二求。此时，因为独立源

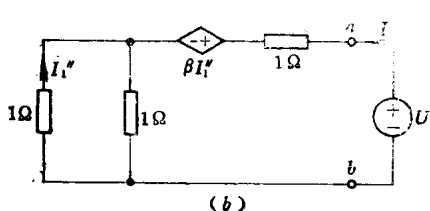


图 1.1-6

$U_1 = 0$ ，所以 VCVS 受控源 $2U_1$ 也为零值，电路图化为图 1.1-6(b)。通常的求法是在 a 、 b 端加电源 U ，而后求流入 a 、 b 端的电流 I ，则 $R_{ab} = U/I$ 。如图

可见，此时电流 I_1 之值即为 $I_1'' = -I/2$ 。所以，CCVS 受控源之值为

$$\beta I_1'' = -\frac{\beta}{2} I$$

列 KVL 电压方程得

$$\begin{aligned} U &= 1 \times I + \beta I_1'' - 1 \times I_1'' \\ &= I - \frac{\beta}{2} I + \frac{I}{2} = \frac{1}{2} (3 - \beta) I \end{aligned}$$

所以

$$R_{ab} = U/I = \frac{1}{2} (3 - \beta) \Omega$$

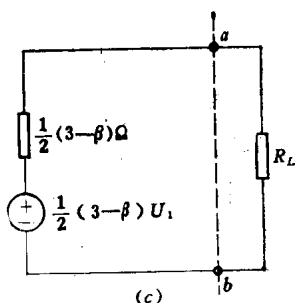


图 1.1-6

因此，对负载 R_L 的代文宁等效电路为图 1.1-6(c)。

1.1-7 图 1.1-7 电路是一个有源两端网络（端口为 a 、 b ），