

普通高等教育通信类规划教材

电路、信号与系统分析 程序集

吕玉琴 编著



北京邮电学院出版社

电路、信号与系统分析程序集

吕玉琴 编著

北京邮电学院出版社

京(新)登字162号

电路、信号与系统分析程序集

作 者 吕 玉 琴

责任编辑 郑 捷

*

北京邮电学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京邮电学院出版社印刷厂印刷

*

350×1168毫米 1/32 印张 10.25 字数 267千字

1994年1月第一版 1994年1月第一次印刷

印数: 1—5030册

ISBN 7-5635-0124-x/TN·5 定价: 7.60元

前 言

熟练地掌握计算机技术是当代大学生的一项基本功。因此，学生在校期间必须做到“使用计算机不断线”。为贯彻这一精神，兄弟院校做了许多有益的尝试并取得不少成果，我院也从1981年开始将计算机技能的训练相继引入“电路分析基础”和“信号与系统”等课程中。

电路的计算机辅助分析和设计从理论到实际应用已发展到相当成熟的程度。这方面系统而全面的书在国内、外已出版了许多种。由于内容涉及知识面广泛而深入，对于刚接触到专业基础课的学生而言，显得偏高和偏深。因此，很需要一种与“电路分析基础”、“信号与系统”课堂教学配套的机辅分析参考书，以便让学生尽早地接触计算机的实际应用，并不断地得到现代分析方法的训练。这是加强计算机能力教育的重要方面，也是作者编写此书的指导思想。

本书的前身是“电路、信号与系统分析程序”讲义，曾在北京邮电学院多次使用过。通过教学实践，根据学生反映以及作者的教学心得，对讲义作了修改和增删。

本书在内容取材上密切配合上述两门课的基本要求，将一些成熟的算法介绍给读者，如解线性代数方程的高斯—约当消去法和LU分解法；用同化结点法找树的算法；瞬态分析的龙格—库塔法；常用的数值积分法；多项式分解因式的劈因子法等。在结点分析中，本书采用一个二端元件定义一支路的概念，这种处理方法在网络分析中，虽然较采用标准支路增加了一些结点数目，

但在体系上与改进结点法是统一的，且具有输入简单、易于掌握的优点。为弥补其不足，在附录中又给出了在标准支路定义下结点分析法的实用程序，供读者参考。

本书对算法和程序并重。在讲清算法的基础上，通过流程图使读者理解编写通用程序的思路和方法。通过对程序的阅读和独立编写，不仅要求读者掌握基本的理论与方法，而且要对一切可能出现的情况和细节作全面而深入的考虑。在编写时，作者力求做到符合循序渐进的认识规律，重点放在使读者了解计算机究竟是怎样形成方程并解方程的。为便于读者入门，前面章节叙述详尽，流程图完整，选择有针对性的例题以增强读者对算法的理解。

由于 FORTRAN 语言仍是目前应用较为广泛的语言，它具有结构严谨、清晰、程序格式规范化、输出格式灵活等优点。本书采用 FORTRAN 77 语言编写了 20 余个主子程序。为了兼顾其他语言，在附录中还附有 C 语言和 BASIC 语言的实用程序举例。

本书所附习题难易搭配，易者可以用手算核对编程的正确性，难者则必须用计算机分析与校核。有些内容，如含变压器元件的电路编程；数值计算中的变步长程序设计；差分方程的求解等则留给读者自己完成。

本书便于读者自学掌握，可以少占用或不占用课堂学时，分组指定学生完成不同的上机内容。

编者希望，通过本书的学习，能够有助于提高读者的编程能力，培养读者严密的科学思维能力和熟练计算机的操作技能。

本书在编写过程中，得到北京邮电学院舒贤林教授的鼓励和支持；得到本院“信号、电路与系统”教研室老师们的热情帮助。上官右黎老师详细地阅读了本书全部书稿，并提出了许多宝贵意见。在此一并表示感谢。

本书由北京邮电学院赫慈辉教授审阅。

限于水平，书中难免有错误与不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

1992年9月于北京邮电学院

图书在版编目 (CIP) 数据

电路、信号与系统分析程序集/吕玉琴编著.

—北京:北京邮电学院出版社, 1994

ISBN 7-5635-0124-X

I. 电…

II. 吕…

III. ①电路分析: 系统分析-程序设计

②程序设计-电路分析: 系统分析

③电信号特性测量: 系统分析-程序设计

④程序设计-电信号特性测量: 系统分析

IV. TM133

内 容 提 要

本书是一本与《电路分析基础》和《信号与系统》两门课程密切配合的程序集。于1991年3月经“邮电部高等院校专业基础课教学指导委员会”评审通过, 推荐作为教学参考书出版。

作者结合“电路”、“信号”两门课程的基本内容编写了相应的计算机辅助分析算法和程序。在处理上采取算法与程序并重的方法。本书使用FORTRAN 77语言, 所提供的20余个程序均在AST-386微机上通过。

本书力求做到循序渐进、重点突出、难点叙述详尽, 是一本便于自学、便于上机实践、有利于提高编程能力的参考书。

本书可作为无线电技术、通信、计算机和自动化等专业的教学参考书, 也可供有关科技人员参考。

目 录

第一章 用高斯—约当消去法和LU分解法解线性方程组

§1-1 用计算机形成电阻矩阵 R	(1)
§1-2 用高斯—约当消去法解网孔电流.....	(5)
1-2-1 高斯—约当消去法 举 例.....	(5)
1-2-2 高斯—约当消去法 原 理.....	(7)
1-2-3 用高斯—约当消去法解线性方程组的基本 步骤.....	(8)
1-2-4 列主元消 去 法.....	(11)
§1-3 高斯—约当消去法解网孔电程序.....	(12)
§1-4 用 LU 分解法解线性方程 组.....	(21)
习题.....	(33)

第二章 结点分析法

§2-1 网络的图.....	(36)
§2-2 结点方程.....	(37)
§2-3 结点分析法的算法.....	(39)
§2-4 形成 G_n 、 I_n 的直接填写法.....	(51)
§2-5 改进结点方程.....	(56)
§2-6 改进结点分析法的算法.....	(60)
§2-7 含受控源支路的结点分析法.....	(71)
2-7-1 电路中含有 VCVS 支路.....	(71)
2-7-2 电路中含有 VCCS 支 路.....	(75)
2-7-3 电路中含有 CCVS 支 路.....	(79)
2-7-4 电路中含有 CCCS 支 路.....	(80)

2-7-5 混合型方程组的一般形式	(82)
§2-8 含受控源支路的结点分析法算法	(83)
2-8-1 算法的总体考虑	(83)
2-8-2 关于 VCVS 子程序	(86)
2-8-3 关于 VCCS 子程序	(92)
2-8-4 关于 CCVS 子程序	(95)
2-8-5 关于 CCCS 子程序	(100)
2-8-6 综合例题	(104)
习题	(107)
第三章 求连通图的一棵生成树	
§3-1 树	(112)
§3-2 用同化结点法求一棵生成树	(114)
§3-3 应用举例	(119)
习题	(122)
第四章 割集分析法	
§4-1 割集与基本割集	(124)
§4-2 基本割集矩阵	(125)
§4-3 求基本割集矩阵的算法	(127)
§4-4 应用举例	(135)
§4-5 割集分析法	(138)
§4-6 割集分析法的算法	(139)
4-6-1 算法的总体结构	(139)
4-6-2 建立割集方程的 CUF 子程序	(141)
4-6-3 求支路电压、电流的 VIB 子程序	(144)
4-6-4 割集分析法程序	(144)
习题	(158)
第五章 瞬态分析数值方法	
§5-1 欧拉法	(161)

§5-2	四阶龙格—库塔法 (四阶 R—K法)	(164)
§5-3	误差与步长的选择	(167)
§5-4	程序的组成	(169)
5-4-1	求 RC 电路的零状态响应	(169)
5-4-2	求 RC 电路的全响应	(176)
5-4-3	求二阶电路的零状态响应	(186)
习题		(198)
第六章 正弦稳态电路的结点分析法		
§6-1	正弦稳态电路的特点	(200)
§6-2	正弦稳态的改进结点法	(203)
§6-3	含有互感元件电路的处理	(205)
习题		(228)
第七章 卷积积分的数值计算		
§7-1	用矩形法表示卷积积分公式	(232)
§7-2	用矩形法计算分段定义函数的卷积	(234)
习题		(243)
第八章 周期信号傅里叶级数系数的计算		
§8-1	梯形法	(247)
§8-2	辛普生法	(249)
习题		(258)
第九章 拉普拉斯反变换 (求部分分式展开系数)		
§9-1	求 $A(s)$ 、 $B(s)$ 方程的根——劈因子法	(262)
§9-2	比较重根	(266)
§9-3	求部分分式展开系数	(266)
习题		(279)
附录一 C语言程序例		(281)
附录二 处理标准支路的结点分析程序		(291)

附录三 牛顿—拉夫逊法解非线性电路 程序..... (307)

附录四 QUICK-BASIC画图程序例..... (312)

参考文献 (317)

第一章 用高斯—约当消去法和 LU 分解法解线性方程组

§1-1 用计算机形成电阻矩阵 R

结点分析法和网孔分析法是线性网络的一般分析方法。以网孔分析为例，一个三网孔网络的网孔方程如下：

$$\left. \begin{aligned} R_{11}I_1 + R_{12}I_2 + R_{13}I_3 &= V_1 \\ R_{21}I_1 + R_{22}I_2 + R_{23}I_3 &= V_2 \\ R_{31}I_1 + R_{32}I_2 + R_{33}I_3 &= V_3 \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

R_{ii} ($i=1,2,3$) 为自电阻， R_{ij} ($i=1,2,3, j=1,2,3, i \neq j$) 为互电阻， V_i ($i=1,2,3$) 为相应网孔电源电压的代数和。写成矩阵形式，则有

$$RI = V \quad (1-2)$$

式中，电流列矢量 $I = [I_1, I_2, I_3]^T$ ，电压列矢量 $V = [V_1, V_2, V_3]^T$ ， 3×3 阶网孔电阻矩阵

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{pmatrix} \quad (1-3)$$

网孔电流矩阵 I 为被求变量。能否正确列写电阻矩阵 R 是求解网孔电流矩阵的重要环节。

给出两个电路分别如图 1-1 和图 1-2 所示。设网孔电流一律为顺时针方向，并假定两网孔之间（公共支路）只有一个电阻元件。图中各变量所用单位：电阻为欧姆，电压为伏特，电流为安培。

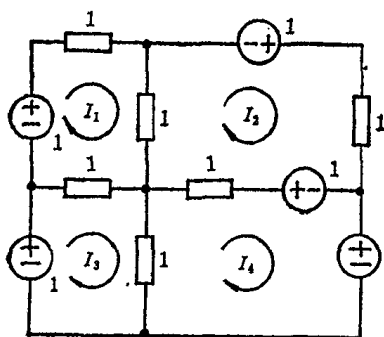


图 1-1

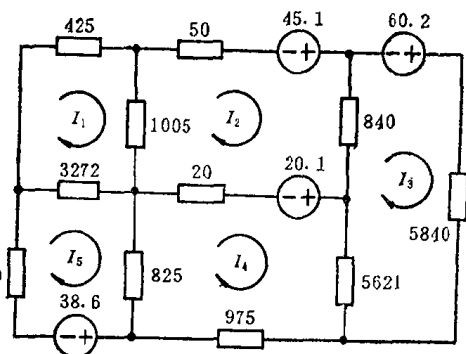


图 1-2

用观察法容易写出图 1-1 电路的电阻矩阵：

$$R = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & 2 \end{pmatrix}$$

然而，当电路复杂时，手写 R 矩阵就会很困难。用计算机形成电阻矩阵的流程图如图 1-3 所示，其功能由 XZ 子程序完成。现以图 1-2 为例给出相应参考程序，程序中各变量及其意义说明如下：

N ——网络的网孔数。

M ——网络的电阻数。

RES ——一维数组，变量 $RES(I)$ 存储第 I 个电阻的电阻值。

$M1$ ——一维数组，整型变量 $M1(I)$ 存储与第 I 个电阻相关联的第一网孔（本网孔）的序号。

$M2$ ——一维数组，整型变量 $M2(I)$ 存储与第 I 个电阻相关联的第二网孔（相邻网孔）的序号。

如果第 I 个电阻仅出现在第一网孔内，变量 $M2(I)$ 必置零。

R ——二维数组, 变量 $R(I, J)$ 存储电阻矩阵 R 的元素 R_{ij} 。

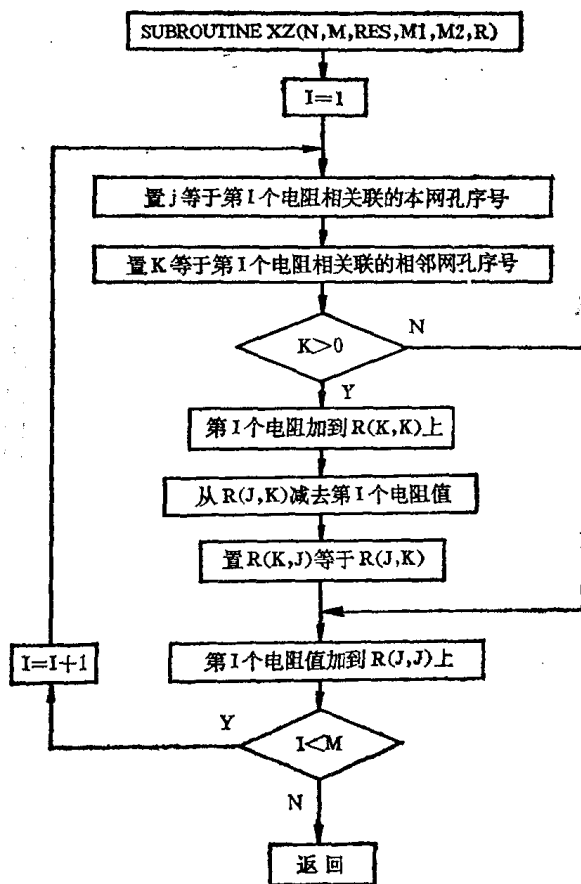


图 1-3 形成电阻矩阵的流程图

C 图 1-2 电路电阻矩阵形成程序

```

DIMENSION RES(20), M1(20), M2(20), R(10, 10)
WRITE(*, 10)
10 FORMAT(1X, /5X, '输入数据'/)
READ(*, 20) N, M
  
```

```

20  FORMAT(2I3)
    READ(*, 30) (M1(I), M2(I), RES(I), I = 1, M)
30  FORMAT(4(2I1, 2X, F7.1))
    CALL XZ(N, M, RES, M1, M2, R)
    WRITE(*, 50)
50  FORMAT(1X, /5X, '输出结果: '/30X,
    *           '* * * R矩阵 * * *', /)
    WRITE(*, 60) ((R(I, J), J = 1, N), I = 1, N)
60  FORMAT(1X, 5E15.5)
    END

```

C 形成 R 矩阵子程序

```

SUBROUTINE XZ(N, M, RES, M1, M2, R)
DIMENSION RES(20), M1(20), M2(20), R(10, 10)
DO 10 I = 1, N
DO 10 J = 1, N
10  R(I, J) = 0
DO 30 I = 1, M
    J = M1(I)
    K = M2(I)
    IF (K) 30, 30, 20
20  R(K, K) = R(K, K) + RES(I)
    R(J, K) = R(J, K) - RES(I)
    R(K, J) = R(J, K)
30  R(J, J) = R(J, J) + RES(I)
    RETURN
END
    输入数据

```

5, 11,

10 425. 20 50. 12 1005. 23 840.
 30 5840. 34 5621. 24 20. 40 975.
 45 825. 15 3272. 50 10.

输出结果:

* * * R矩阵 * * *

```
.47020E+04 -.10050E+04 .00000E+00
-.10050E+04 .19150E+04 -.84000E+03
.00000E+00 -.84000E+03 .12301E+05
.00000E+00 -.20000E+02 -.56210E+04
-.32720E+04 .00000E+00 .00000E+00
.00000E+00 -.32720E+04
-.20000E+02 .00000E+00
-.56210E+04 .00000E+00
.74410E+04 -.82500E+03
-.82500E+03 .41070E+04
```

§ 1-2 用高斯—约当消去法解网孔电流

1-2-1 高斯—约当消去法举例

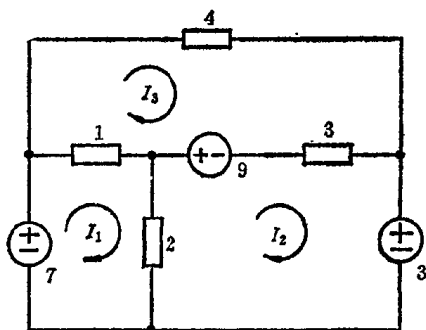


图 1-4

为了便于叙述,先考虑图 1-4 电路。其网孔方程为

$$RI = V$$

即

$$\begin{pmatrix} 3 & -2 & -1 \\ -2 & 5 & -3 \\ -1 & -3 & 8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 \\ -12 \\ 9 \end{pmatrix} \quad (1-4)$$

应用高斯—约当消去法计算网孔电流的方法如下：

第一步，定义增广矩阵 R_a ，即把电压列矩阵 V 作为第四列与 R 伴随，则式(1-4)的增广矩阵为

$$R_a = \begin{pmatrix} 3 & -2 & -1 & 7 \\ -2 & 5 & -3 & -12 \\ -1 & -3 & 8 & 9 \end{pmatrix} \quad (1-5)$$

将 R_a 的第一行除 3，使第一个元素为 1，称归一。保持第二、三行不变，得

$$R'_a = \begin{pmatrix} 1 & -\frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & \frac{7}{3} \\ -2 & 5 & -3 & -12 \\ -1 & -3 & 8 & 9 \end{pmatrix} \quad (1-6)$$

第二步，将 R'_a 的第一行乘 2 加到第二行，将第一行加至第三行，称消元。保持第一行不变，得

$$R''_a = \begin{pmatrix} 1 & -\frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & \frac{7}{3} \\ 0 & \frac{11}{3} & -\frac{11}{3} & -\frac{22}{3} \\ 0 & -\frac{11}{3} & \frac{23}{3} & \frac{34}{3} \end{pmatrix} \quad (1-7)$$

第三步，将 R''_a 的第二行乘 $3/11$ ，则第二行的第一个非零元素为 1。将归一后的第二行乘 $2/3$ 加至第一行，归一后的第二行乘 $11/3$ 加至第三行，得