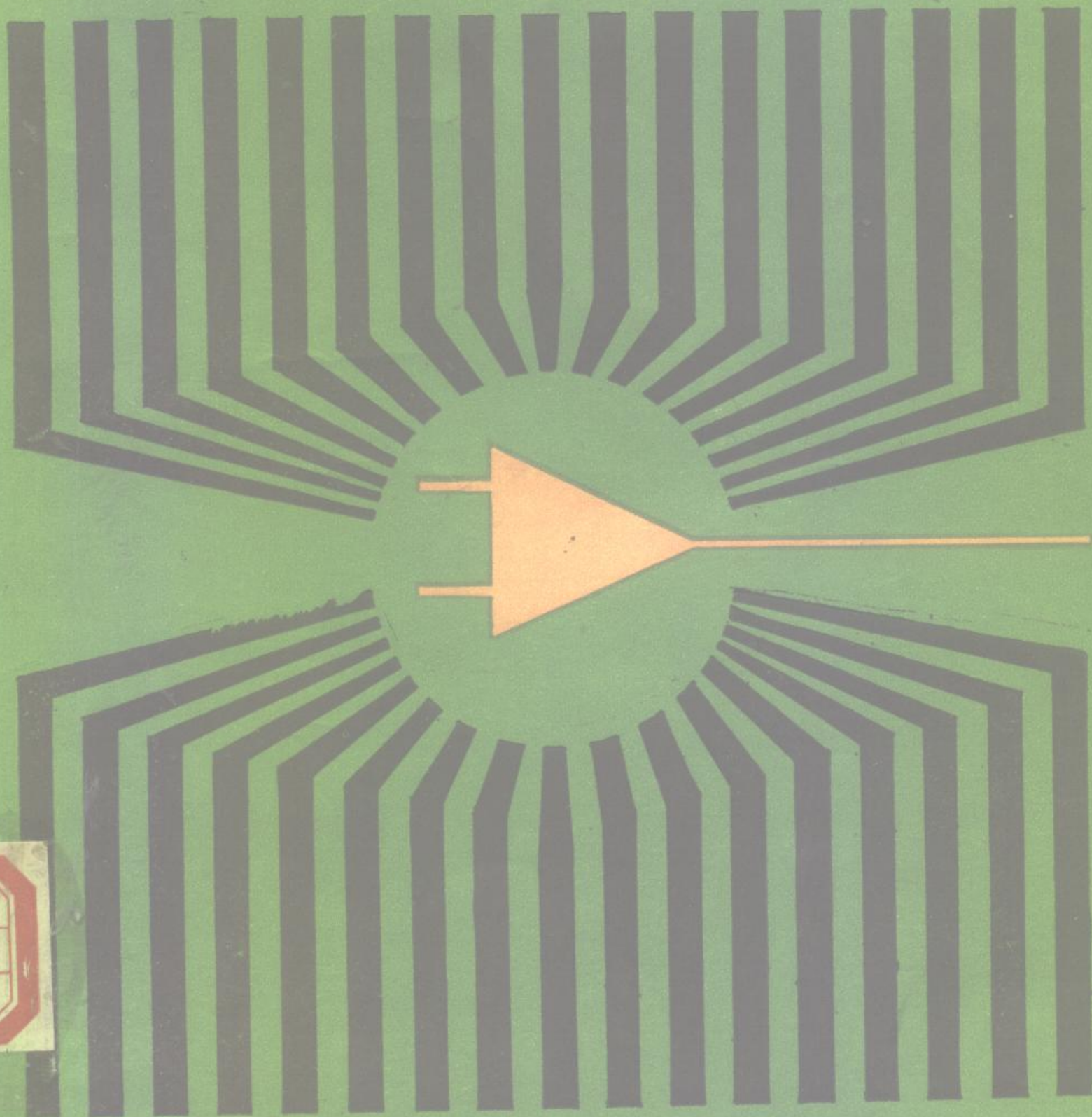


模拟电子线路的计算机 分析程序



单振才 金宝琴 王良 鲍顺光 孙崇洲等 编



高等教育出版社

73.8
61

模拟电子线路的 计算机分析程序

单振才 金宝琴 王良
鲍顺光 孙崇洲 编



高等教育出版社

8810206

内 容 简 介

本书汇集了电子线路的计算机辅助分析和设计程序二十四套。其中包括电子线路的直流、交流及瞬态分析程序，以极、零点分析为基础的网络及滤波器的分析和设计程序，非线性电路专用程序等。程序用BASIC语言或FORTRAN语言编写。

为了方便读者，本书对每个程序的编制原理、使用方法等均作了详细的介绍，并通过算例对如何运用程序分析和设计电路进行了示范。

本书可作为高等院校理工科“电子线路”和“电子线路的计算机辅助设计”课程的教学参考书。也可作为工程技术人员的参考书及分析、设计电子线路的工具书。

(JG 3120)

010157
5

模拟电子线路的计算机分析程序

单振才 金宝琴 王良
鲍顺光 孙崇洲 编

*

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京印刷一厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张 21.75 字数 490 000

1987年8月 第1版 1987年8月第1次印刷

印数00 001—10 350

书号15010·0826 定价4.20 元

前 言

计算机辅助分析及设计技术是电路设计的有力工具，电子线路的设计师和集成电路设计工作者必须重视和使用这门技术。本书的目的是使读者在学习了“电子线路”和“电子线路的计算机辅助设计”课程的理论后，能初步地应用CAA及CAD技术来分析、设计一般的电子线路，为进一步深入运用计算机辅助设计奠定基础。本书的特点是紧密配合“电子线路”及“电子线路的计算机辅助设计”这两门课程的理论。书中设有专用程序及通用程序。程序分为三类：电子线路的交流、直流及瞬态分析；以极、零点分析为基础的线性网络及滤波器设计与分析；以富氏变换为理论基础的非线性电路专用程序。每个程序中分别附有例题。

本书可作为高等院校理工科“电子线路”及“电子线路的计算机辅助设计”课程的教学参考书，也可作为电路设计方面的工程技术人员的参考读物及分析和设计电子线路的工具书。阅读本书需具备电子线路的理论、BASIC及FORTRAN IV语言及电子线路的计算机辅助设计的理论基础。

本书由南京工学院无线电工程系电子线路教研组及无线电应用软件教研组的部分同志在教学实践的基础上共同编写。单振才编写第十三、二十一、二十二、二十三和二十四章；金宝琴编写第十二、十四、十六、十八、二十和二十三章；王良编写第一、三、五、六、七和十五章；鲍顺光编写第二、四和九章；孙崇洲编写第八、十、十一和十九章；李素珍编写第十七章。最后鲍顺光进行了文字润色。

编者在编写过程中参考了陆伟良及肖向明、徐小乐等同志的原有程序，并得到了清华大学无线电电子学系刘润生副教授的帮助，在此表示感谢。

限于编者水平，书中难免有不妥和错误之处，望读者批评指正。

目 录

电子线路的直流、交流及瞬态分析

一、线性定常电路直流分析通用程序DCAN-1	1
二、线性定常电路直流分析通用程序DCANF1	9
三、线性定常电路直流分析通用程序DCAN-2	18
四、线性定常电路改进节点法直流分析通用程序DCANF2	29
五、非线性直流分析通用程序NLDC-1	43
六、非线性直流与灵敏度分析程序NDCS	64
七、线性定常电路正弦稳态分析通用程序ACAN-1	85
八、线性定常电路正弦稳态分析通用程序ACAN	101
九、线性定常电路正弦稳态分析通用程序ACANF	123
十、线性网络瞬态分析通用程序TRAN1	134
十一、线性网络瞬态分析通用程序TRAN2	149
十二、单级放大器的设计和分析	165
十三、OTL电路的设计和分折	172

网络及滤波器的设计与分析

十四、传递函数频率响应的分析程序	185
十五、线性二端口网络参数转换程序CTNP-1	194
十六、二阶低通有源滤波器的设计与分析	209
十七、四阶节低通有源滤波器的设计与分析	218
十八、任意函数数学模型的建立	232
十九、线性反馈系统通用分析程序LFS	251

非线性电路专用程序

二十、打印晶体三极管共发特性曲线	271
二十一、频率变换电路	279
二十二、鉴频器的研究	294
二十三、相位锁定环路的研究	309
二十四、线路原理图作图程序	328

一、线性定常电路直流分析通用程序DCAN-1

(一) 程序简介

DCAN-1为线性定常电路直流分析通用程序,采用扩充 BASIC 语言编制,分析方法为节点法,节点电导矩阵的建立采用直接法,矩阵的增广列存贮源电流向量。它可分析包含电阻(电导)、独立电流源、独立电压源、电流控制电流源(CCCS)和电压控制电流源(VCCS)的电路,其它类型的器件可由人工转化成上述元件处理。本程序采用列表方式输入,输出结果为节点电位。解题规模为51个独立节点、200条支路。

(二) 总框图

如图1-1所示。

(三) 程序说明

(1) 变量和数组说明

① 变量

M 支路数

N 独立节点数

② 数组

NO 支路编号

TY 支路所含元件类型标志号

FR 支路起始节点号

T0 支路终止节点号

VA 支路元件值

CO 控制支路号

VS 串联电压源值

IS 并联电流源值

YN 存贮增广矩阵

(2) 子程序说明

① 子程序 1 (语句150~225)

读入支路信息并回打供核对。为使回打结果排列整齐,语句207、208、209预先计算打印字符的位数。

② 子程序 2 (语句250~315)

在确定支路所含元件类型的基础上计算贡献值,贡献值存贮在VA数组内。

③ 子程序 3 (语句400~520)

用直接法建立节点电导矩阵。

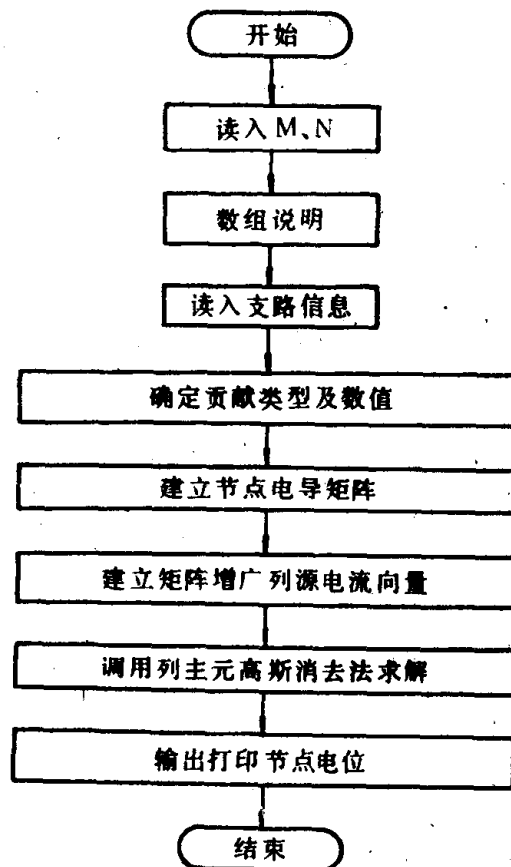


图 1-1 总框图

④ 子程序 4 (语句600~675)

建立矩阵增广列源电流向量。

⑤ 子程序 5 (语句700~895)

采用列主元高斯消去法求解线性联立方程组。若消元过程中主元值小于 $1E-9$,自动停机并打印出错信息。

⑥ 子程序 6 (语句900~940)

打印输出计算结果。

(四) 程序使用说明及实例

① 标准支路

本程序采用如图1-2所示的标准支路,图中箭头方向为支路电流正向。

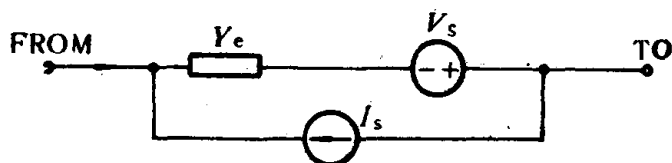


图 1-2 标准支路

程序中受控源支路采用如图1-3所示的形式单独输入。



图 1-3 受控源支路

② 支路元件类型

本程序能处理四种元件类型支路,各类元件的标志值如下:

电导类支路: 1

电阻类支路: 2

CCCS支路: 7

VCCS支路: 8

若电路中含有电容或电感,用户可将其当作电阻或电导处理。例如,电容可作为 $10^6 \Omega$ 的电阻,电感可作为 0.1Ω 的电阻。

③ 输入方法

其步骤如下:

第一步:将电路划分成标准支路,标注节点号及支路号。节点号从0开始顺序标注,支路号从1开始顺序标注,编号必须连续,不能中途跳编,也不能重编。

第二步:采用列表方式填写数据。

表 1

支路号	元件类型	标志号	起始节点号	终止节点号	元件值或控制参数值	控制支路号 (非控制支路时填零)	串联电压源值(无电压源时填零)	并联电流源值(无电流源时填零)
-----	------	-----	-------	-------	-----------	---------------------	-----------------	-----------------

(i) 填入支路数、独立节点数。

(ii) 逐条填入支路信息，如表 1 所示。

第三步：在 1000 语句标号之后用 DATA 语句将上述数据输入，然后再打入 RUN，计算机就开始计算并打印出结果。算完一题后，应将 DATA 语句消去，以免下次算题时出错。

若用户需对多道题目作连续计算时，可对程序作如下修改，打入下列语句：

```

21 IF M=0 GO TO 90
86 GO TO 15
936 PRINT
937 PRINT
    
```

程序即可连续算题，但此时用户必须在所有电路数据输入后再打入两个“0”，以表示数据输入完毕。

④ 出错信息

本程序只给出两条出错信息：

(i) ERROR IN ELEMENT TYPE

表示输入支路元件类型标志号不在规定范围之内。

(ii) MAIN ELEMENT LESS THEN 1E-9

表示消元过程中主元绝对值小于 1E-9，无法确保精度。

⑤ 例题

在图 1-4 所示电路上，编上支路及节点号，图中小圆内数字表示节点号， B_1 、 B_2 、……表示支路号。

DATA 语句如下：

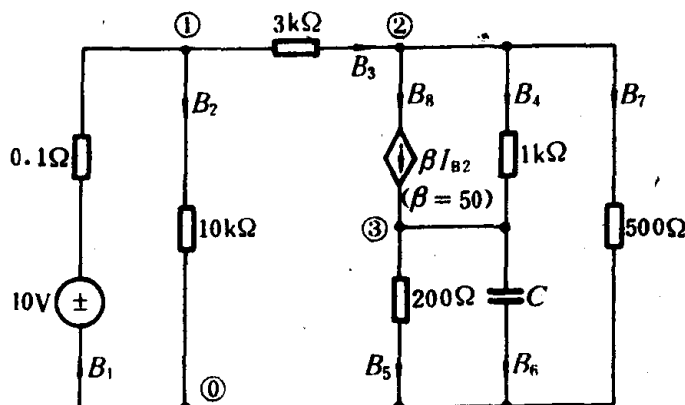


图 1-4


```

1000 DATA 8,3
1010 DATA 1,2,0,1,.1,0,10,0
1020 DATA 2,2,1,0,1E4,0,0,0
1030 DATA 3,2,1,2,3E3,0,0,0
1040 DATA 4,2,2,3,1E3,0,0,0
1050 DATA 5,2,3,0,200,0,0,0
1060 DATA 6,2,3,0,1E6,0,0,0
1070 DATA 7,2,2,0,500,0,0,0
1080 DATA 8,7,2,3,50,2,0,0

```

运行结果如下:

JRUN

***** LINEAR D.C. ANALYSIS PROGRAM DCAN-1 *****

THE NUMBER OF BRANCH:8
THE NUMBER OF NODE:3

THE NETWORK TOPOLOGY IS AS FOLLOWS:

BRANCH	TYPE	FROM	TO	VALUE	CONT	VS	IS
1	2	0	1	.1	0	10	0
2	2	1	0	10000	0	0	0
3	2	1	2	3000	0	0	0
4	2	2	3	1000	0	0	0
5	2	3	0	200	0	0	0
6	2	3	0	1000000	0	0	0
7	2	2	0	500	0	0	0
8	7	2	3	50	2	0	0

NODE	SOURCE VECTOR (A)
1	100
2	0
3	0

EACH NODEL VOLTAGE IS AS FOLLOWS:

NODE	VOLTAGE (V)
1	6.95097505
2	-91461.7123
3	42574.061

(五) 程序清单

JL1ST1-1000

```

1  REM ***** PROGRAM D
   REM LAN-1 *****
5  REM
10 REM
11 PR# 1
12 POKE 1657,80

```

```

15 PRINT " ***** LINEAR D.C.
    ANALYSIS PROGRAM DCAN-1 ****
    **"
16 PRINT
17 PRINT
20 READ M,N
25 PRINT "THE NUMBER OF BRANCH:"
    ;M
30 PRINT "THE NUMBER OF NODE:";N

35 DIM NO(200),TY(200),FR(200),T
    O(200),VA(200),CO(200),VS(20
    0),IS(200)
40 DIM YN(50,51)
50 REM
55 REM
60 GOSUB 150
65 GOSUB 250
70 GOSUB 400
75 GOSUB 600
80 GOSUB 700
85 GOSUB 900
86 PR: C
90 END
95 REM
100 REM
150 REM INPUT THE DATA OF EACH
    BRANCH AND ELEMENT
155 PRINT
160 PRINT
165 PRINT "THE NETWORK TOPOLOGY
    IS AS FOLLOWS:"
170 PRINT TAB( 1);"BRANCH"; TAB(
    4);"TYPE"; TAB( 4);"FROM"; TAB(
    5);"TO";
180 PRINT TAB( 6);"VALUE"; TAB(
    5);"CONT"; TAB( 6);"VS"; TAB(
    8);"IS"
190 FOR I = 1 TO M
195 READ NO(I),TY(I),FR(I),TO(I)
    ,VA(I),CO(I),VS(I),IS(I)
200 NEXT I
205 FOR I = 1 TO M
207 J1 = LEN ( STR$ (NO(I)));J2 =
    LEN ( STR$ (FR(I)))
208 J3 = LEN ( STR$ (TO(I)));J4 =
    LEN ( STR$ (VA(I)))
209 J5 = LEN ( STR$ (CO(I)));J6 =
    LEN ( STR$ (VS(I)))
210 PRINT TAB( 1);NO(I); TAB( 1
    1 - J1);TY(I); TAB( 6);FR(I)
    ;

```

```

211 PRINT TAB( 9 - J2):TO(I):
215 PRINT TAB( 8 - J3):VA(I): TAB(
    10 - J4):CO(I):
216 PRINT TAB( 10 - J5):VS(I): TAB(
    10 - J6):IS(I)
220 NEXT I
225 RETURN
230 REM
235 REM
250 REM DETERMINE ADMITTANCE TY
    PE AND VALUE
255 FOR I = 1 TO M
260 IF TY(I) = 1 GOTO 286
262 IF TY(I) = 7 GOTO 290
265 IF TY(I) = 8 GOTO 290
270 IF TY(I) = 2 GOTO 285
275 PRINT "ERROR IN ELEMENT TYPE
    "
280 STOP
285 VA(I) = 1 / VA(I)
286 CO(I) = I
290 NEXT I
295 FOR I = 1 TO M
300 IF TY(I) < = 7 GOTO 310
305 VA(I) = VA(I) * VA(CO(I))
310 NEXT I
315 RETURN
320 REM
325 REM
400 REM SET UP YN MATRIX
405 FOR I = 1 TO N
410 FOR J = 1 TO N + 1
415 YN(I,J) = 0
420 NEXT J
425 NEXT I
430 FOR I = 1 TO M
435 F1 = FR(I)
440 T1 = TO(I)
445 IF TY(I) > = 7 GOTO 475
450 YN(F1,F1) = YN(F1,F1) + VA(I)
455 YN(T1,T1) = YN(T1,T1) + VA(I)
460 YN(F1,T1) = YN(F1,T1) - VA(I)
465 YN(T1,F1) = YN(T1,F1) - VA(I)
470 GOTO 515
475 F1 = FR(I)
480 T1 = TO(I)
485 F2 = FR(CO(I))
490 T2 = TO(CO(I))

```

```

495 YN(F1,F2) = YN(F1,F2) + VA(I)
500 YN(T1,T2) = YN(T1,T2) + VA(I)
505 YN(F1,T2) = YN(F1,T2) - VA(I)
510 YN(T1,F2) = YN(T1,F2) - VA(I)

515 NEXT I
520 RETURN
525 REM
530 REM
600 REM SETUP RIGHT VECTOR
605 FOR I = 1 TO M
610 C1 = CO(I)
615 J1 = FR(I)
620 K1 = TO(I)
625 YN(J1.N + 1) = YN(J1.N + 1) +
    IS(1) - VA(I) * VS(C1)
630 YN(K1.N + 1) = YN(K1.N + 1) -
    IS(1) + VA(I) * VS(C1)
635 NEXT I
640 PRINT
645 PRINT
650 PRINT TAB( 1):"NODE": TAB(
    14):"SOURCE VECTOR(A)"
655 FOR I = 1 TO N
660 PRINT TAB( 1):I: TAB( 15):Y
    N(I.N + 1)
665 NEXT I
675 RETURN
676 REM
680 REM
700 REM SOLVE EQUATION WITH GAU
    SS METHOD.
705 NN = N - 1
710 N1 = N + 1
715 FOR K = 1 TO N
720 I1 = K + 1
725 IF K = N GOTO 795
730 YMAX = ABS (YN(K.K))
735 IJ = K
740 FOR I = I1 TO N
745 IF YMAX > ABS (YN(I.K)) GOTO
    760
750 YMAX = ABS (YN(I.K))
755 IJ = I
760 NEXT I
765 IF IJ = K GOTO 795
770 FOR J = K TO N1
775 T = YN(K.J)
780 YN(K.J) = YN(IJ.J)
785 YN(IJ.J) = T
790 NEXT J

```

```

795 IF ABS (YN(K,K)) > 1E - 9 GOTO
    810
800 PRINT "MAIN ELEMENT LESS THE
    N 1E-9"
805 STOP
810 FOR J = II TO N1
815 YN(K,J) = YN(K,J) / YN(K,K)
820 NEXT J
825 IF K = N GOTO 855
830 FOR I = II TO N
835 FOR J = II TO N1
840 YN(I,J) = YN(I,J) - YN(I,K) *
    YN(K,J)
845 NEXT J
850 NEXT I
855 NEXT K
860 FOR K = 1 TO NN
865 I = N - K
870 JJ = I + 1
875 FOR J = JJ TO N
880 YN(I,N1) = YN(I,N1) - YN(I,J)
    * YN(J,N1)
885 NEXT J
890 NEXT K
895 RETURN
896 REM .
897 REM
900 REM OUTPUT SOLUTION
905 PRINT
910 PRINT
915 PRINT "EACH NODEL VOLTAGE IS
    AS FOLLOWS:"
920 PRINT TAB( 2):"NODE"; TAB(
    9):"VOLTAGE(V)"
925 FOR I = 1 TO N
930 PRINT TAB( 1):I; TAB( 9):YN
    (I,N + 1)
935 NEXT I
940 RETURN

```

(王 良 编)

二、线性定常电路直流分析通用程序DCANF1

(一) 程序简介

DCANF1是用FORTRAN语言编制的线性定常电路的直流通用分析程序，电路分析采用节点分析法，电路中包含的元件有电阻(电导)、独立电流源、独立电压源、CCCS、VCCS。本程序能处理的电路的最大规模是40条支路、20个独立节点、80个独立元件、20个受控源。整个程序由主程序和四个子程序组成。

(二) 总框图

程序的总框图如图2-1所示。

(三) 程序说明

(1) 数组与变量

主程序中数组：

$IA(M, 2)$ 由M行2列的二维数组构成， $IA(I, 1)$ 、 $IA(I, 2)$ 分别存贮支路I的起始节点号J和终止节点号K。

$RR(I)$ 存贮各支路元件的电导值。

$CG(I)$ 存贮各独立电流源的数值。

$VG(I)$ 存贮各独立电压源的数值。

$YN(I, J)$ 存贮节点电导矩阵 Y_n 和等效电流源向量。

$IB(I)$ 存贮受控源的支路号I。

$IC(I)$ 存贮受控源的控制支路号IC。

$ND(I)$ 存贮受控源类型号IT。

$VALD(I)$ 存贮受控源参量值VALUE。

主程序中变量：

M 支路数。

N 独立节点数。

NN 增广阵的最后一列。

ID 受控元件数。

I 支路号。

IT 元件类型号。

IC 受控源的控制支路号。

VALUE 元件参数值。

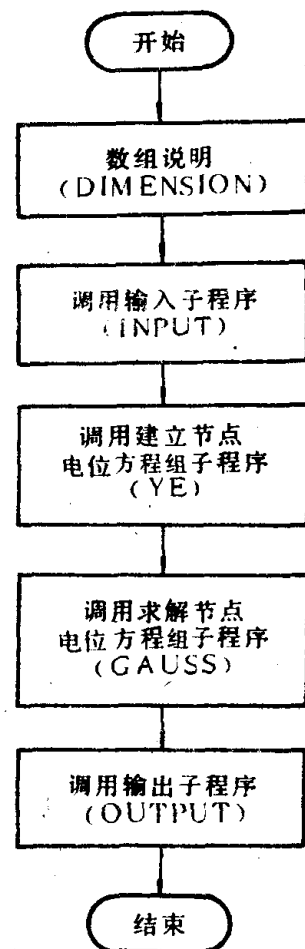


图 2-1 线性定常电路节点法直流分析程序框图

(2) 子程序说明

① INPUT子程序

该子程序为输入子程序，用以输入电路参数并建立RR(I)、VG(I)、CG(I)等数组元素。

哑元：

M 支路数。

N 独立节点数。

ID 受控元件数。

EPS 误差控制系数。

数组：

IA(M,2) 含义同主程序。

IB(I) 存贮独立元件支路号。

NT(I) 存贮独立元件类型号。

VAL(I) 存贮独立元件参量值。

其余数组名及其含义与主程序相同。

变量：

IM 独立元件数。

其余变量名及其含义同主程序。

该子程序结束后，要传给其它程序段的信息是：M、N、ID、EPS；数组IA、RR、CG、VG，IB、IC、ND、VALD。前四个数通过哑元结合的方式传递，后八个数组通过公用区传递。

② YE子程序

该子程序为建立节点电位方程组子程序。

哑元：

J 独立元件（或受控）支路的起始节点号。

JC 独立元件（或控制）支路的起始节点号。

K 独立元件（或受控）支路的终止节点号。

KC 独立元件（或控制）支路的终止节点号。

RR 独立元件支路电导（或受控源的控制系数）的数值。

CG 独立电流源的数值。

VG 独立电压源的数值。

NN 增广阵的最后一列。

该子程序结束后即可获得节点电位方程组。

③ GAUSS子程序

该子程序为解节点电位方程组子程序，本子程序采用列主元高斯消去法。

哑元：

A 节点电位方程组的增广阵。

NA A矩阵的行数。

NNA A矩阵的列数。

N 方程组中未知量的个数。

ISW 标志符, 当ISW = 0, 表示方程组无解; 当
ISW = 1, 表示方程组有解。

EPS 误差控制系数。

该子程序结束后即获得了各节点电位的数值。

④ OUTPUT子程序

该子程序为输出子程序, 用以获得节点电压, 支路电压、电流、有功功率及元件电压、
电流、有功功率。

哑元:

M 支路数。

N 独立节点数。

ID 受控源个数

数组:

BV(I) 存贮各支路电压值。

BC(I) 存贮各支路电流值。

BP(I) 存贮各支路有功功率值。

EV(I) 存贮各元件电压值。

EC(I) 存贮各元件电流值。

EP(I) 存贮各元件有功功率值。

其余数组名及含义同主程序。

(四) 程序使用说明及实例

程序中所用的元件类型见表1。

表 1

元 件 名 称	类 型 号	元 件 名 称	类 型 号
电 导	1	独立电流源	6
电 阻	2	CCCS	7
电 容	3	VCCS	8
电 感	4	CCVS	9
独立电压源	5	VCVS	10

在输入数据前, 首先对分析的电路各节点和标准支路编号, 并规定支路的正方向。根据标
准支路约定的方向, 确定电源参数值的符号, 然后按程序中READ语句的顺序输入下列参数。

(1) M, N, IM, ID, EPS
(支路数) (独立节点号) (独立元件数) (受控元件数) (误差控制系数)

- (2) $IA(I,1)$, $IA(I,2)$
 (起始节点号) (终止节点号)
- (3) IB , NT , VAL
 (支路号) (元件类型号) (独立元件参数值)
- (4) IIB , IIC , ND , $VALD$
 (受控支路号) (控制支路号) (类型号) (参数值)

将数据全部输入后，打执行命令“RUN”即可得到电路中节点电压、支路电压、支路电流、支路有功功率、元件电压、元件电流、元件有功功率全部数据。

实例：电路如图2-2所示(图中 B_1, B_2, \dots 表示支路号，小圆内数字表示节点号)。

(关于电路的标准支路请见参考资料①)

输入下列数据：

```

6, 3, 9, 1, 1.0E-20
1, 0
1, 0
1, 2
3, 2
2, 0
3, 0
1, 2, 1.2E4
1, 5, -1.2E1
2, 2, 4.3E3
3, 2, 3.0E2
3, 5, -6.0E-1
4, 2, 1.0E5
5, 2, 1.5E3
6, 2, 3.0E3
6, 5, -1.2E1
4, 3, 7, 5.0E1

```

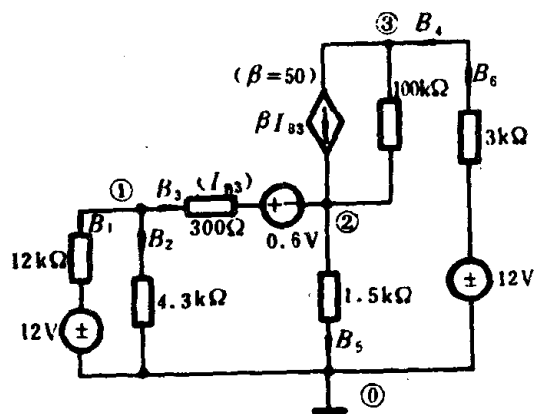


图 2-2 单级小信号放大器等效电路

输出结果及程序清单如下：

```

PROGRAM DCANF1
THE NUMBER OF BRANCHES = 6
THE NUMBER OF INDEPENDENT NODES = 3
THE NUMBER OF INDEPENDENT ELEMENTS = 9
THE NUMBER OF DEPENDENT ELEMENTS = 1
EPS = .1E-19

```

① 请参考 鲍顺光主编：《电子线路的计算机辅助设计》，黑龙江科学技术出版社，1985年12月。