

# 电子线路的分析程序及应用\*

唐以德

(郑州粮食学院)

**摘 要:** 本文简单介绍了电子线路的分析程序, 通过一个例子给出应用本软件的详细步骤, 并对计算机输出的结果, 在应用方面作了一些分析, 本软件有助于对有关设备的维护和检修。

**关键词:** 网络拓扑、参数、分析、应用

**中图分类号:** TN 710

随着粮食工业成套设备的不断引进、生产过程的自动检测、自动控制, 一些重要环节的自动显示和报警等得以实现, 本系统工程技术人员的如何消化、吸收有关技术, 以便能正确指导生产设备的维护和修理。以至去实现为适应新情况的改进, 这些已逐渐提到议事日程上来了, 在这个消化过程中, 会不断碰到要求对一些电子线路的分析, 不能正确分析会成为消化有关技术的障碍, 但电子线路的分析是一个繁琐而费时的过程, 我们期望取得分析结果, 而又不希望花很多时间和精力在这个过程上, 为此, 我们参考有关资料, 选编了一个电子线路分析程序, 做成一个软件, 存在一片磁盘上, 用它来分析电子线路静态工作点, 计算中频下各节点交流电压和各支路交流电流 (有效值), 从而可算出电子线路有关动态参数, 例如中频电压放大倍数  $A_v$ 、输入电阻  $R_i$  和输出电阻  $R_o$ 。

本程序可以处理含有 31 条支路, 30 个节点以下的电子线路, 这基本上已够用, 即使有更大范围的线路, 也可按功能分块, 再分块运行。

## 1 电子线路分析程序

### 1.1 数学模型的建立

设某个具有  $M$  条支路,  $N$  个节点,  $M_2$  个元件的线性网络, 该网络每一个支路, 假定都可以用图示标准支路来表示其中含有独立电压源  $V_g$  和电流源  $i_g$ ; 受控电压源  $V_d$ 、受控电流源  $i_d$  及一个无源元件 (可以是电阻、电容或电感)。

#### 1.1.1 建立节点电压方程

由矩阵形式节点电流方程

$$A \dot{I}_b = 0 \quad (1)$$

式中:  $A$  为关联矩阵;  $\dot{I}_b$  为支路电流向量

$$\dot{I}_b = Y_b (V_r + V_b) - \dot{I}_r \quad (2)$$

$Y_b$ : 为支路导纳矩阵

$$Y_b = (1 + B) Y_c (1 + D)^{-1}$$

式中  $Y_c$  为元件导纳矩阵

\* 收稿日期: 1992-08-31

$$B = GYe^{-1} + B'$$

$$D = D' + RYe$$

$B'$ 为电流控制电流源放大系数矩阵.

$G$ 为电压控制电流源互导矩阵.

$D'$ 电压控制电压源放大系数矩阵.

$R$  电流控制电压源互阻矩阵

将(2)代人(1)中

$$A[Y_b(V_b + V_x) - \dot{I}_x] = 0$$

$$AY_b V_b + AY_b V_x - AI_x = 0 \tag{3}$$

因为

$$A^T V_n = V_b \tag{4}$$

$V_n$ 为节点电压向量.

将(4)代人(3)式

$$AY_b A^T V_n + AV_x Y_b - AI_x = 0$$

令  $I_s = A(I_x - V_x Y_b)$

$$Y_n = AY_b A^T$$

则有  $Y_n V_n = I_s$

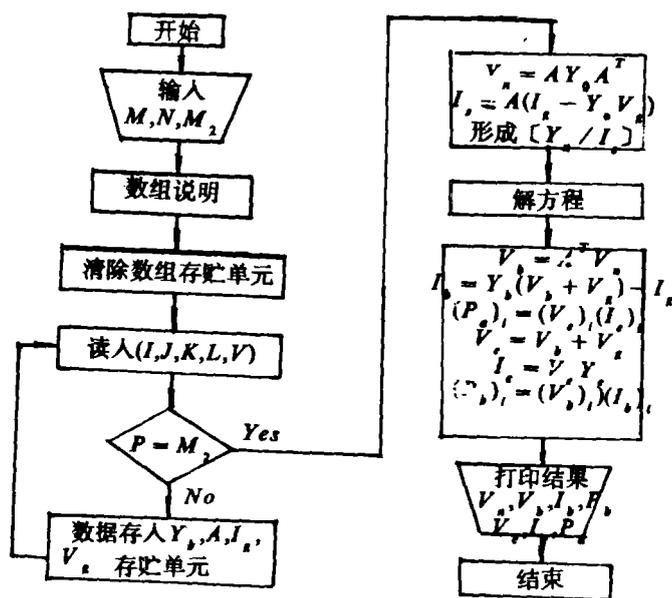


图1

1.1.2 由节点电压方程的增广矩阵 $[Y_n; I_s]$ 用高斯主元消去法、求解节点电压 $V_n$ .

1.1.3 由节点电压计算支路和元件电压、电流和功率.

支路电压  $V_b = A^T V_n$   
 支路电流  $\dot{I}_b = Y_b(V_b + V_x) - \dot{I}_x$   
 支路功率  $(P_b)_i = (V_b)_i (\dot{I}_b)_i$   
 元件电压  $V_e = (1 + D)^{-1}(V_b + V_x)$   
 元件电流  $I_e = Y_e V_e$   
 元件功率  $(P_e)_i = (V_e)_i (\dot{I}_e)_i$

1.2 程序框图, 见图 1

## 2 应用举例

以图 2 示双管直接耦合负反馈放大电路为例

### 2.1 电子线路的静态分析:

2.1.1 将电子线路中的晶体管、运算放大器, 场效应管等有源器件用其等效电路代替画出直流静态等效电路。见图 3

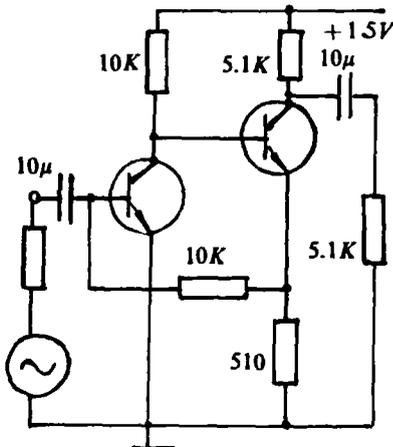


图 2 双管直耦反馈放大电路

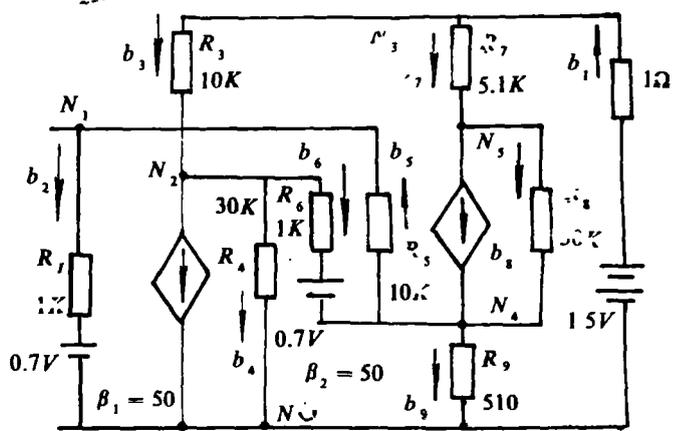


图 3 静态直流等效电路

其中  $R_1$ 、 $R_6$  为晶体管  $T_1$ 、 $T_2$  输入电阻、 $0.7V$  为基射极正向压降;  $R_4$ 、 $R_8$  为晶体管集射极穿透电流等效电阻、电容器一律作为开路处理, 因此信号源和负载无需考虑。

对等效电路的节点、支路进行编号, 并标上支路电压、电流正方向, 要求按图 4 示标准支路正方向来定, 当实际方向与正方向一致时为正值、反之为负值。

### 2.1.2 确定待输入网络参数

① 规定电路元件代号见表 1

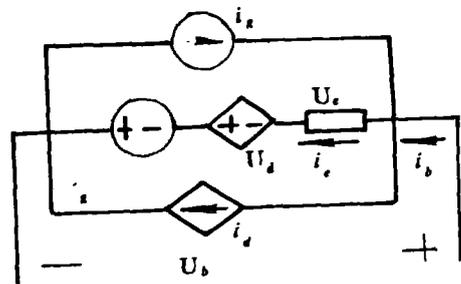


图 4 标准支路

表 1

元 件 名 称	电 导	电 阻	电 容	电 感	电 压 源	电 流 源	流 控 电 流 源	压 控 电 流 源	流 控 电 压 源	压 控 电 压 源
元 件 代 号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
元 件 值 单 位	西 门 子	欧 姆	法 拉	亨 利	伏	安		西 门 子	欧 姆	

②数据输入

输入 M、N、M<sub>2</sub>

其中:

M 为支路总条数

N 为独立节点数

M<sub>2</sub> 为元件总个数

输入 I、J、K、L、V 值

其中: I 为元件所在支路编号

L 为元件代号

V 元件值

J、K 对于无源元件、J 表示该元件所在支路起始节点编号、K 为终止节点编号; 对于独立电源 J、K 均为零; 对于受控源, J 表示控制支路号, K 表示受控支路编号。

表 2 输入数据表

I	J	K	L	V
1	0	3	1	1
2	1	0	1	1000
3	3	2	1	10000
4	2	0	1	30000
5	4	1	1	10000
6	2	4	1	1000
7	1	5	1	5100
8	5	4	1	30000
9	4	0	1	510
2	0	0	4	-0.7
6	0	0	4	-0.7
4	2	4	6	50
8	6	8	6	50
1	0	0	4	15

把各元件的 I、J、K、L、V 值, 按先无源元件、后独立源和受控源的次序填入表二中, 表二中全部数据用 DATA 语句输入计算机。

2.1.3 程序运行, 把程序从软盘调入计算机、用 DATA 语句将网络拓扑参数输入计算

机, 用 RUN 命令运行, 根据屏幕提示输入 M、N、M<sub>2</sub> 值, 计算机开始解题, 并从打印机上输出结果, 其值如下

节点电压	序号	支路电压	支路电流	支路功率
0.7247	1	-14.9968	0.0032	-0.0483
1.7072	2	0.7247	0.0000	0.0000
%14.9968	3	13.2896	0.0013	0.0177
0.9721	4	1.7072	0.0013	0.0022
5.3276	5	0.2474	0.0000	0.0000
	6	0.7350	0.0000	0.0000
	7	9.6691	0.0019	0.0183
	8	4.3555	0.0019	0.0083
	9	0.9721	0.0019	0.0019

## 2.2 电子线路的动态分析

### 2.2.1 画电子线路的交流微变等效电路图如图 5 所示

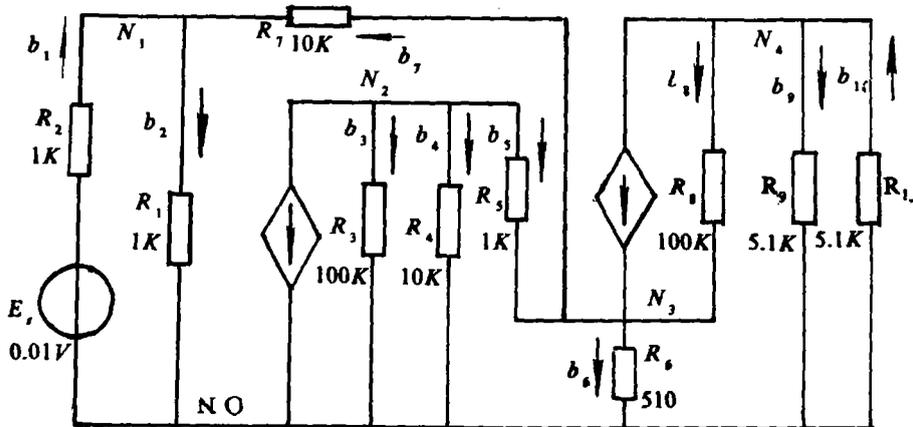


图 5 交流等效电路图

其中  $E_s = 0.01V$  为输入信号源电动势的有效值,  $R_3$ 、 $R_8$  为  $T_1$ 、 $T_2$  晶体管动态输出电阻。

对图中节点和支路进行编号、并标上电压、电流正方向。把输入节点和输入支路号为 1, 把输出节点和支路号放在最后, 本例为 4 和 10, 和求直流静态值类似过程运行程序, 结果由打印机输出, 其值如下:

### 2.2.2 由上面数据可算出放大电路的动态参数

① 中频电压放大倍数  $A_v$

$$A_v = \frac{V_0}{V_i} = \frac{V_n}{V_1} = 0.4833 / 0.0003 = 1611$$

当然也可求电路中某一级的  $A_v$

表4

节点电压	序号	支路电压	支路电流	支路功率
0.0003	1	-0.0003	0.0000	-0.0000
-0.0977	2	0.0003	0.0000	0.0000
-0.0938	3	-0.0977	0.0000	-0.0000
0.4833	4	-0.0977	-0.0000	0.0000
	5	-0.0039	-0.0000	0.0000
	6	-0.0938	-0.0002	0.0000
	7	0.0941	0.0000	0.0000
	8	0.5771	-0.0002	-0.0001
	9	0.4833	0.0001	0.0000
	10	0.4833	0.0001	0.0000

②放大电路的输入电阻 $R_i$

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = R_s / \left( \frac{E_s}{V_1} - 1 \right) = 30.9\Omega$$

③放大电路的输出电阻 $R_o$

$$R_o = \left( \frac{V_{oc}}{V_n} - 1 \right) R_L$$

式中  $V_{oc}$  为负载开路时输出端电压

$V_n$  为带负载 $R_L$ 时输出端电压

为此要求计算机解出 $V_{oc}$ 值, 只要把负载支路去掉, 求取第 $n$ 节点的电压值, 计算机运行后结果如下:

表5

节点电压	序号	支路电压	支路电流	支路功率
0.0003	1	-0.0003	0.0000	-0.0000
-0.0978	2	0.0003	0.0000	0.0000
-0.0938	3	-0.0978	0.0000	-0.0000
0.9656	4	-0.0978	-0.0000	0.0000
	5	-0.0040	-0.0000	0.0000
	6	-0.0938	-0.0002	0.0000
	7	0.0941	0.0000	0.0000
	8	1.0594	-0.0002	-0.0002
	9	0.9656	0.0002	0.0002

$$V'_n = V_4 = V_{oc} = 0.9656(\text{v})$$

$$\text{故 } R_o = \left( \frac{V_{oc}}{V_n} - 1 \right) R_L = \left( \frac{0.9656}{0.4833} - 1 \right) \times 5.1 \times 10^3 = 5.09 \times 10^3 \Omega$$

### 3 分析结果应用举例

本程序所得的结果,无论是静态、还是动态值、都是设备维护、修理的重要依据、如果电子线路某部分或某个元件发生了故障,只要把现场实测的静态、动态值与计算结果逐一对比,有明显异常的地方详加检查,就能顺利判断故障位置,找出故障原因。

又如在维修中常会遇到没有相同型号的备件,此时可将准备用来代替的元件的参数输入计算机运行,分析它对电路静态、动态值的影响,有助于找到正确的代用元件,这样做比直接在线路板上试换、更安全可靠、对提高设备的完好性和延长设备工作寿命有益。

再如随生产的发展,有时要求更换不同型号传感器和负载、此时,也可用上述方法先在计算机上模拟运行、分析其结果,以判断是否可行,探讨要采取的相应措施,这样做有助于缩短过程时间和提高成功率。

### 4 结束语

希望本软件为粮油技术人员在消化引进技术过程中,对电子线路的分析提供一个切实可行的途径,只要按正确格式输入网络拓扑参数,就可得到分析结果,所以对本程序的理解与否均不影响把本软件作为一个分析电子线路的工具来使用。

本程序未涉及储能元件,但可以将它扩展到对含储能元件电子线路的动态分析,以便进一步分析系统的稳定性和传递函数等问题,限于篇幅,这将作为一个后续问题探讨。

程序受篇幅限制不再列出,有需要的可来函索取。

#### 参 考 文 献

- (1) 张惠廉,庄镇泉主编.高教出版社电子线路计算机辅助设计.
- (2) 宋开番,韩乐.PC机通用软件的使用.清华大学出版社
- (3) 康尔林,电子线路分析程序.成都科大
- (4) 清华大学编.晶体管电路.科技出版社

## The Analysis Program of Electronic Circuit and Its Application

Tang Yide

(Zhengzhou institute of grain)

**Abstract:** This paper introduces briefly the analysis program of the electronic circuit and makes a number of analyses on the computer outlet and the program utilization by explaining with an example the detailed steps in applying the soft-wave. The software also helps protect and maintain the related devices.

**Keywords:** network topology, parameter analysis, application