

吴锡龙 编著

# 电路分析 解题程序

● (教学用)



高等学校教学参考书

# 电路分析解题程序

(教 学 用)

吴锡龙 编著

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书为高等学校师生提供了用计算机辅助解算电路习题的方法。

全书分两部份:第一部份介绍 SHARP PC-1500 袖珍计算机, 简明扼要地讲述该计算机的概况、功能及常用指令。第二部份编写了适用于解电路分析习题的十四个 BASIC 语言的程序, 每一程序都附有计算实例和使用说明。

本书可供高等工科院校电力类、电子类、非电类各专业学生, 配合“电路原理”、“电路”、“电路分析基础”和“电工学”等教材, 作为应用计算机开展辅助解题活动的教学参考书。也可供有关实验室人员在开展计算机辅助实验时参考。

本书的十四个程序和加选的六个趣味程序全部录制成教学用磁带, 均由高等教育出版社出版发行。

本书的大部分程序能直接用于扩展 BASIC 语言的微型机, 如 APPLE II。部分程序(如六、七、十二、十三、十四)只要将有关的打印指令作适当改动也能适用。

责任编辑 王忠民

高等学校教学参考书

### 电路分析解题程序

(教学用)

吴锡龙 编著

\*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京展望印刷厂印装

\*

开本 850×1168 1/32 印张 6 插页 2 字数 144,000

1985年8月第1版 1985年8月第1次印刷

印数 00,001—10,200

书号 15010-0675 定价 1.50 元

## 序

在计算机应用日趋普及的今天，我国高等院校对学生在计算机应用能力方面的训练，随着形势的发展也应有较高的要求。因此，在二年级的电路课程中如何反映这一趋势是一个重要的问题。对此，国内、外都有着不同的见解。目前，较有影响的一种观点认为：在电路入门课程中，要同时学好电路分析的基本原理和数值算法是有困难的，且过早地引进数值算法和程序，将冲淡对主题的论述，并削弱对学生进行必要的基本方法的训练，用纸笔进行分析仍是电路设计者应具备的基本功，而计算机辅助分析与设计主要应和高年级的相关课程溶为一体。由于见解的不同和目前各校设备的不一，使得对低年级学生计算机应用能力的训练在做法上各不相同。

上海科技大学无线电电子学系多年来以拙编《电路分析基础》作为教材，吴锡龙同志对拙编教材(旧版及第二版)所选习题全部作了演算。他结合教学实际探索了应用微机辅助解题的新途径，用以解决作业中计算量大及绘制复杂曲线图等繁琐工作的问题。他采用的微型计算机投资少，足敷应用，利于推广，提高了学生解题、绘图的效率，从而也可加大解题数量。这对学好电路分析理论极为有利。他的探索和研究结果是行之有效的。这个经验的意义还在于有它更加广泛的适用性，单就电路、电工学以及实验性环节说，虽不能框定，但作法雷同，无疑地都可以采用。因此，他们的经验受到兄弟院校的广泛关心和重视。

现在，吴锡龙同志把他们的实践经验，写成“电路分析解题程序(教学用)”一书，并提供程序磁带，由高等教育出版社公开出版。我感到这是我们从事电路理论教学的广大教师同志和学生们

值得高兴的事，谨写此序。

李瀚荪

1984年12月

## 前 言

近几年来高等学校的电路教材，都注意充实了与计算机相结合的基础内容，这就使得这门课程在实践性教学环节中如何应用计算机成为值得探讨和急待解决的问题。我在讲这一门课程时，组织学生开展用计算机进行辅助解题的尝试，本书就是在总结这一教学改革实践的基础上编写的。

我在研究和编写本书时，考虑了以下几个原则：

1. 应选用价格较低、利于推广，且打印功能较齐全的微型计算机，并能绘制精细准确的波形及曲线，以有利于大面积教学的需要。

2. 应考虑大多数学生现有的算法语言基础和数学基础来编写程序，以便学生能读懂程序和直接调用程序解题。

3. 在电路课程的开始阶段，应用计算机主要是解决繁琐费时的数学计算和作图工作，让学生较早地熟悉计算机的应用，受到计算方法的训练，提高学生学习基本理论的兴趣，从而更有利于加强基本理论的教学。不可能也不应该用它来取代必要的建立数学方程和基本运算的训练。

4. 所编写的程序功能不必过分求全，语句不必过分求精，首先给使用者创造容易上机的条件，然后，逐步引导学有余力的学生进行扩充和修改程序，使之更臻完善。这样，学生的才能得到充分的发挥，可以学得更活。

我们的具体做法是：在布置习题时，对适用于计算机辅助解题的题目加上“\*”号，只要求学生建立其数学方程，不必计算出结果。每隔10~15天来微型计算机应用室一次，每次1~1.5小时，调用有关程序，计算出题目的结果，学生可将打印结果贴在练习本

上,完成所留作业。这种做法不需增加课内的学时数,也不占用学生课外时间,而是节省下原来的部份解题时间,引进一种新的方法,从而引起了学生对解算电路习题的兴趣。

在开展这一活动时,教师对学生不必强求统一,完全应该根据学生各自的兴趣和能力,提出不同的要求。同时教师应引导学生把主要精力放在熟悉计算机和解题程序的应用方面,不必细究计算机内部原理和程序结构的细节,正如我们在开设电路分析实验时,只要求学生会使用万用电表和示波器一样,不必要求学生完全清楚示波器内部的结构和具体线路的原理。

本书中的程序能用于求解“电路原理”、“电路”、“电路分析基础”以及“电工学”等教材中的习题。部份程序还能用于对电路实验结果的分析 and 讨论,使电路实验与计算机相结合,用计算机的计算结果指导实验的进行。

书中全部程序已由高等教育出版社录制成教学用程序磁带,公开发行供应。

学生应用本书开展解题活动,应具备必要的 BASIC 语言知识,并通过上机实习的训练。

北京工业学院李瀚荪教授为本书撰写了序言,谨表谢意。对支持我开展这一工作以及给予许多帮助的上海科技大学无线电电子学系电路教研室的同事们深表感谢。

由于编者水平有限,书中一定存在不少缺点和错误,希望读者批评指正。

吴锡龙

1984年12月于上海科技大学

# 目 录

## 第一部份 PC-1500 袖珍计算机简介

第一讲	PC-1500 袖珍计算机的概况	1
第二讲	PC-1500 按键的功能	6
第三讲	PC-1500 的手控运算功能	12
第四讲	PC-1500 的编辑功能	18
第五讲	PC-1500 的显示、打印、绘图功能	22
第六讲	磁带机的应用	31
第七讲	部份指令的说明	35

## 第二部份 电路分析解题程序

程序一	电阻 $\Pi$ 形网络和 T 形网络的等效互换	45
程序二	解线性代数方程组	49
程序三	矩阵乘法	62
程序四	矩阵求逆	67
程序五	网络拓扑矩阵的转换	77
程序六	绘制一阶电路的响应	87
程序七	绘制二阶电路的响应	94
程序八	复数四则运算 阻抗并联	109
程序九	阻抗 $\Pi$ 形网络与 T 形网络的等效互换	119
程序十	解线性复数方程组	126
程序十一	二端口网络参数的转换	133
程序十二	绘零、极点图和频率特性曲线	145



程序十三	波特图 .....	155
程序十四	卷积的图解 .....	160
附录一	PC-1500 ASCII 代码表 .....	170
附录二	PC-1500 指令简表 .....	171
附录三	PC-1500 错误信息表 .....	180

# 第一部份 PC-1500 袖珍计算机简介

## 第一讲 PC-1500 袖珍计算机的概况

随着电路元件集成化程度的提高,大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)相继问世,使得计算机的体积能越做越小,从而出现了性能与微型计算机(micro computer)如 TRS-80 相仿,而体积略大于一般函数计算器(caculator)的袖珍计算机(pocket computer),PC-1500 (personal computer)就是其中之一。由于它具备优异的打印、绘图功能以及使用、管理方便等优点,因而入选作为学生辅助解题和辅助实验之用。

袖珍计算机与一般计算机一样由控制器、运算器、存贮器、输入设备和输出设备五大部份组成。PC-1500 的控制器和运算器被集成在一片 CMOS(互补-对称金属氧化物半导体)大规模集成电路上,通常被称为“中央处理器”(CPU)或“微处理器”(MPU)。中央处理器的容量目前有 4、8、16 位三种,位数越高,内存容量越大,计算精度也越高。PC-1500 的 CPU 与一般微型计算机一样是 8 位微处理器,而一般函数计算器的 CPU 仅是 4 位微处理器。

PC-1500 的存贮器分内存贮器和外存贮器。它的内存贮器有随机存贮器(RAM)和只读存贮器(ROM)两种,RAM 可以随意写入或读出程序和数据,而 ROM 只能读出预先存放在里面的信息,但不能任意更改或写入。PC-1500 的随机存贮器容量为 3.5 K(1K = 1024 字节),只读存贮器容量为 16 K。该机还能安放一块扩充 RAM,可供选用的扩充模块有 4 K(CE-151)、8 K(CE-155)、

16 K (CE-161) 以及 RAM/ROM 可调扩充模块 (CE-159) 四种, CE-161 除作 RAM 外还可以把全部容量改作专用只读存贮器区域, 而最后一种可调模块使用者可随意调整为 8K RAM/0K ROM、4K RAM/4K ROM 或 6K RAM/2K ROM, 如将一些常用的程序存放在扩充 ROM 里, 使用就十分方便。由于扩充模块可以自行更换, 因而一旦生产出容量更大的模块后, 该机的内存容量还可以进一步扩大。

由于这些存贮器都采用 CMOS 电路, 它只需极微小的电流就能维持所存贮的内容, 而计算机在关机后, 主机仍能继续向 RAM 供电, 所以再次开机使用时, 原来存贮的程序和数据仍能保存着。在扩充模块里还附有锂电池, 因此即使在更换主机干电池时也不必担心丢失原有的程序和数据。这也是 PC-1500 袖珍计算机一大优点。

该机的外存贮器是盒式录音磁带, 可以有两台录音机与计算机相联, 在磁带中能保存所需要的程序和数据, 但必须被调入内存贮器之后, 才能被执行和运算。

目前还有一种 PC-1500 A 型, 它除了随机存贮器为 8K 外, 其他与 PC-1500 完全一样。

PC-1500 主机的输入设备是键盘, 输出设备是液晶显示屏, 它们通过机内输入输出接口 (I/O 接口) 与 CPU 相接, 见图 1。键盘共有 65 个按键, 包括 26 个英文字母键、10 个数字键、运算符号键以及程序编辑键等。液晶显示屏是点阵式的, 总共有  $7 \times 156$  个点, 每位字符 (字母、数字或符号) 是由  $7 \times 5$  个点组成, 字符之间空出一点的位置, 则在窄长的显示屏上一次可显示出 26 个字符。通过机内扩充 I/O 接口还可以与四色绘图打印机 (CE-150) 和磁带录音机 (CE-152) 相连接。CE-150 打印机能在宽 58 mm 的普通纸带上, 用四种颜色打印出大小、方向可以选择的各种字母、数字

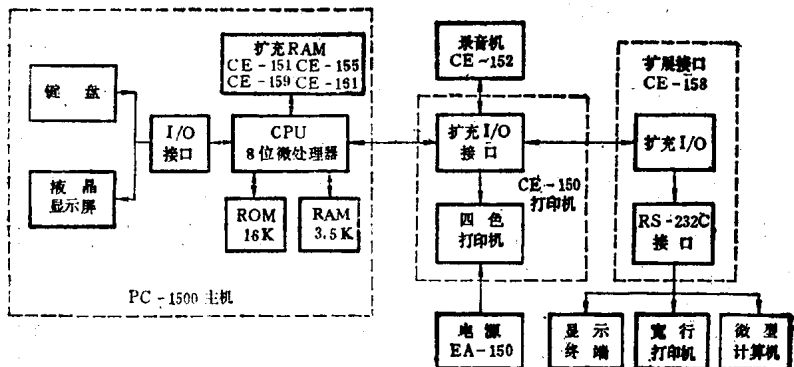


图 1 PC-1500基本结构方框图

及符号，以及四色的各种直线、虚线和曲线。录音机可以把计算机内存的程序和数据记忆在普通的 C-60 磁带中，本书的全部十四个程序就存贮在 40 min 长的磁带中。

当点阵式液晶显示屏和四色打印机不敷应用时，还可以应用扩展接口(CE-158)，通过它使 PC-1500 主机及打印机 CE-150 与一个电视显示设备、宽行打印机或 x-y 绘图仪等外围设备配接，此外还可以和功能更强的计算机相联，使 PC-1500 成为微型机的一个终端。

主机内有四节一般 5 号电池，打印机内有 5 节镍镉电池，此外全部系统可由一个外接电源(EA-150)供电，它将 220 V 或 110 V 交流电转换成 9 V (空载)直流电，对打印机内蓄电池充电，该蓄电池除驱动打印机外，还能向主机供电。当 7 min 内不操作键盘，计算机能自动关机，以节省电能，除非程序正在执行之中。

PC-1500 是采用扩展 BASIC 语言的计算机，由于它是边解释边执行，所以能节省内存，并可进行人机对话，这对于解题带来不少方便。缺点是计算速度比较慢，但在教学上用于求解电路分析习题时，矛盾并不突出。

该机还具备自检程序中的差错以及显示出错误所在句号和错误类型的功能,以指导操作者去修正错误。本机规定的程序行号可以是1~65279范围内的任一整数,并规定每行字符不得超过80个。

除了按编写的程序解题外,该机对加、减、乘、除、开方、三角函数、对数等普通的数学运算,可以直接用按键进行计算,如同一般函数计算器一样。

PC-1500可以在0°C~40°C范围内正常工作,对环境条件要求不高。

为了使操作者对该机性能有进一步了解,将PC-1500主要技术指标归纳如下:

计算位数: 10位(有效位)+2位(指数位)。

计算方式: 按数学式计算,具备优先顺序判别功能。

程序语言: 扩展BASIC语言。

CPU: CMOS 8位微处理器。

存贮器容量分配:

ROM 16K

RAM 3.5K

在RAM中容量分配如下:

80字节(输入缓冲寄存器)+196字节(堆栈存贮器)+

646字节(其它)≈0.9K字节(系统RAM范围)

624字节(数据专用区)+1850(字节)(用户RAM)+188

字节(预存区)=2.6K字节(用户RAM范围)

扩充RAM 自选

基本计算功能:

四则算术运算、乘方运算、三角函数和反三角函数、对数函数和指数函数、角度转换、开平方根、符号函数、绝

对值、求整数和逻辑计算。

编辑功能：

光标左右移动(▶, ◀), 插入(INS), 删去(DEL), 显示上下程序行(↓, ↑)。

存储器信息保护：

计算机关机后, 机内电池继续向 CMOS 电路供电。

## 第二讲 PC-1500 按键的功能

PC-1500 袖珍计算机具有与计算器相仿的袖珍式键盘，按功能可划分为开关机键、数字键、字母键、状态键、符号键、编辑键和预存键等七类，分布情况见图 2。其中大部份键位兼有两种不同功能，可以通过第二功能键 **SHIFT** 进行转换。所有按键的符号及分布大致与微型计算机打字盘相仿，所不同之处是微型计算机常用的一些指令如 DEL、INS、INPUT、PRINT 等，在 PC-1500 中已把它们定义在一个按键中，使操作更加简便迅速。另外有些按键如 **ON**、**RCL** 等预存键是本机特有的功能。现将各类按键功能介绍如下：

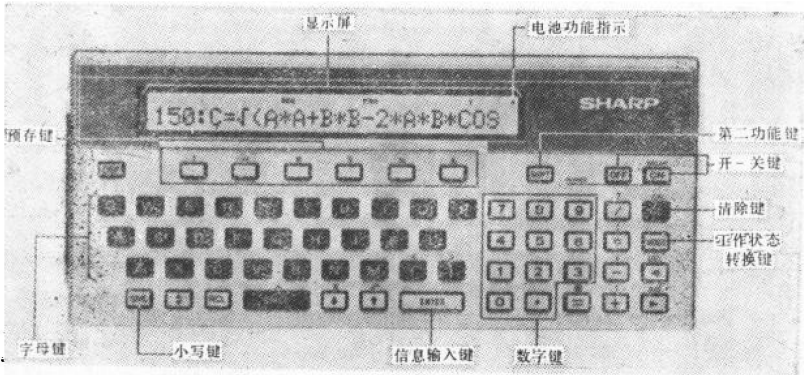


图 2 主机键盘及显示屏

### 一 开、关机键

按 **ON** (开机)键接通主机电源，显示屏上显示出一些字符。在右上角显示的一个圆点，表示电池功能正常，如圆点消失应更换新电池。该键另一个功能是“BREAK”(中断)。当程序正在执行时按该键即能中断程序的执行，在显示屏上将显示出程序中断在哪

一句,如显示“BREAK IN 200”,表示中断在语句号为200的一句。按 **OFF** (关机)键则切断电源。

## 二 数字键

在键盘右侧有0~9十个数字键,用于输入数字,为了区别字母O和数字0,在显示和打印中用“0”表示数字0。

## 三 字母键

键盘左侧有26个大写英文字母键,除供编写程序之用外,每个字母都可以表示一个变量,有些字母键还可进行自定义,如键盘的第一排字母(从Q~P)已分别定义成一些常用指令。例如按 **DEF** (自定义)键后再按 **R** 键,则表示已定义的指令“GOTO”。当需要用小写字母时,可以先按 **SMU** (小写)键,这时在显示屏左上角显示“SMALL”字样,或者先按 **SHIFT** (第二功能)键,这时在显示屏左上角显示“SHIFT”字样,然后再按所需的字母键,则在显示屏上显示出该字母的小写体。小写键用于写入一批小写字母,而第二功能键仅适用于写入单个小写字母。应该注意,在BASIC语言中,所有函数名、指令和语句必需用大写字母,小写字母只能作为符号,如本书中就用“j”表示 $\sqrt{-1}$ ,用来组成复数。

## 四 状态键

PC-1500有三种工作状态或称三种工作模式,它们是程序模式(PRO)、执行模式(RUN)和预存模式(RESERVE)。

按 **MODE** (状态转换)键,可使工作模式在程序模式和执行模式之间转换,这时显示屏上方将显示出“PRO”或“RUN”以便识别,当按 **SHIFT** 键后再按 **MODE** 键,可以更换到预存模式,这时显示为“RESERVE”。

工作在程序模式时可以写入、编辑或修改程序。执行模式用于进行一般数学运算或执行程序。工作在预存模式时,可将经常使用的一些指令、字符串或数据安排在位于显示屏下方的六个空



白按键中,按  $\square$  (预存组号转换)键,又可以分成三组,在显示屏右上角用 I、II、III 区分,则总共可预存 18 个常用指令或数据,以便之后在编程序时使用。

属于状态键的还有:

$\square$  (第二功能)键;本机多数按键兼有两种功能,键面的符号是该键的第一功能,而键上方的符号则是该键的第二功能,如  $\square$  键第一功能是“+”号,第二功能是“;”号。当按  $\square$  键之后再按  $\square$  键,就得到其第二功能“;”号。

$\square$  (字母小写)键。

$\square$  (自定义)键。

它们的作用如前所述,不再重复。

## 五 符号键

符号键中一大类是数学运算符号键,它们是  $\square$  (加)、 $\square$  (减)、 $\square$  (乘)、 $\square$  (除)、 $\square$  (乘方)、 $\square$  (开平方)等六种。其他开方可以化成任意乘方来运算,如  $\sqrt[3]{8}$  可以写成  $8 \wedge (1/3)$ 。

属于符号键的还有:

$\square$  (小数点)键,用作数中的小数点以及组成指令的省略输入形式,如指令“PRINT”在由键盘输入(键入)时可不用打 5 个字母,而只要键入省略形式“P.”,以节省时间。

$\square$  (变量赋值)键,用于组成赋值语句、“ $\leq$ ”小于等于号、“ $\geq$ ”大于等于号等。应该注意它与一般计算器中的等号键功能完全不同。

$\pi$  (圆周率)键,表示圆周率  $\pi$ ,精确到小数点后 9 位。

$\square$  (信息输入)键,功能相当于一般微机的“回车键”,所键入的程序、数据或指令,只有在按  $\square$  键之后才被进入内存或开始执行。用作计算器进行简单数学运算时,键入的算式只有在按  $\square$  键后才开始计算,这时  $\square$  键又相当于计算器