

818490

5191

1014

计算机与 水利电力自动化

王元林 赵祖康 薛禹胜
编 著



江苏科学技术出版社

序

计算机是一种崭新的生产力，在技术革命中是最活跃、最先进的核心技术之一，已经渗透到社会的各个领域。对生产、交换、消费和社会生活产生着变革性地影响。

水利电力部领导曾强调指出“我们研究怎样能够加快水利电力的发展，怎么样能够迅速地跟上这样一个技术革命的形势。对水利电力系统来讲，我们觉得最直接的、最紧迫需要抓住的工作，就是电子计算机的推广应用。

水利电力系统应用计算机已有二十多年历史，在我国民用部门中起步是比较早的。水利电力部的计算机应用概括为：

电网调度计算机监控系统

防汛调度，水利管理和水文水资源信息水情预报系统。

水利电力经济信息管理系统

水、火电厂自动化

计算机在科研试验中的应用

在最近两、三年内，上述几个方面均已取得了令人鼓舞的进展。有力地推动了水利电力传统生产部门的技术改造，提高了企事业单位的技术水平和管理水平。当前，水利电力战线广大领导干部、科技人员、管理人员和工人学习计算机、应用计算机已蔚然成风。

现在《计算机与水利电力自动化》一书的出版，将对水利电力系统计算机的推广应用起到一定的作用，该书针对我国水利电力系统的发展，从基础知识到实际应用，深入浅出，内容充实。对运行、生产、调度、设计、科研、管理各条战线上的干部和专业人员学习计算机，应用计算机均有裨益。同时该书亦可作为各种计算机学习班培训班的学习参考资料。

我们希望水利电力部门热心计算机应用工作的同志们均能一读。

水利电力部计算机领导小组办公室 张 科

1986年7月20日

3425170P

目 录

第一章 总 论	(1)
1.1 电子计算机的发展简史	(1)
1.2 电子计算机分类	(2)
1.3 电子计算机的应用	(3)
1.4 我国电子计算机的发展和在水利电力系统的应用	(5)
第二章 计算机基础	(9)
2.1 数字计算机的运算法则	(9)
2.2 数字计算机的基本结构	(11)
2.3 数和指令	(17)
2.4 介绍几个概念	(23)
2.5 微处理机和微型计算机	(24)
2.6 程序和语言	(28)
2.7 计算机网络	(33)
第三章 科学计算和工程设计	(39)
3.1 概 述	(39)
3.2 规划问题	(41)
3.3 设计中的应用	(43)
3.4 施工中的应用	(48)
3.5 电网运行问题	(50)
3.6 预报问题	(52)
第四章 仿 真	(53)
4.1 概 述	(53)
4.2 一般仿真	(57)
4.3 性能实验仿真	(60)

4.4	电厂运行人员培训仿真	(61)
4.5	电网调度员培训仿真器	(65)
4.6	仿真语言	(74)
4.7	仿真用计算机	(80)
第五章	电网调度自动化	(85)
5.1	概 述	(85)
5.2	调度系统的信息网络	(88)
5.3	远动装置结构和功能	(90)
5.4	电网调度自动化——SCADA系统	(94)
5.5	电网调度自动化——电网控制和管理	(101)
5.6	电网能量管理	(120)
5.7	系统规划	(131)
5.8	电网调度计算机系统数据库	(132)
5.9	电网调度计算机系统	(133)
5.10	电网调度计算机系统实例	(134)
第六章	水利防汛自动化	(138)
6.1	概 述	(138)
6.2	洪水情报系统	(139)
6.3	河川情报系统	(143)
6.4	水系综合管理系统	(146)
6.5	大坝监测系统	(149)
第七章	水火电厂与变电站自动化	(153)
7.1	概 述	(153)
7.2	火电厂自动化	(161)
7.3	火电厂自动化实例	(167)
7.4	水电厂自动化	(169)
7.5	水电厂自动化实例	(171)
7.6	变电站自动化	(175)

第八章 应用微处理机构成的自动化设备	(179)
8.1 概 述	(179)
8.2 微处理机型励磁调节器	(180)
8.3 微型计算机型数字调速器	(183)
8.4 微型计算机远动设备	(187)
8.5 计算机继电保护	(192)
第九章 管理自动化	(196)
9.1 概 述	(196)
9.2 企业管理计算机系统的开发	(198)
9.3 管理自动化实例	(200)
第十章 展 望	(204)
参考文献	(205)
附录:国内部分自动化设备生产厂产品介绍	(209)
1. 上海新光自动化设备工业公司	(209)
2. 上海新光显示仪厂	(210)
3. 上海继电器厂	(213)
4. 水电部南京自动化所	(215)
5. 北京计算机二厂	(216)

第一章 总 论

1.1 电子计算机的发展简史

电子计算机，这一当今先进技术的标志，它的发展速度是极其迅速的。1946年美国宾夕法尼亚大学研制成功了世界上第一台电子计算机，它以真空电子管为主要元件，全机共用了一万八千多个真空电子管，占地一千八百多平方英尺（合一百六十多平方米），运算速度每秒五千次，现在人们称之为“第一代电子计算机。”

目前按构成电子计算机的主要元件来划分，其发展可分为下列几代：

- 第一代电子计算机是以真空电子管为主要元件的，称为电子管电子计算机。其功能主要用于科学数值计算，运算速度为每秒几千次到几万次。其经历时间约从1946年到1957年。

- 第二代电子计算机是以晶体管为主要元件的，称为晶体管电子计算机。其功能除科学数值计算外，开始应用于工业控制，数据处理等，运算速度亦从每秒几万次提高到几十万次。其经历时间约从1958年到1964年。

- 第三代电子计算机是以集成电路为主要元件的，称为集成电路电子计算机。由于采用集成电路后成本下降，体积缩小，可靠性提高，功能加强，使电子计算机得到进一步的迅速发展。并开始广泛应用到各个领域，尤其是小型电子计算机深入到一般工厂企业，商店、学校、医院、旅馆、银行等各个行业。其功能亦因软件的发展而扩大，运算速度亦从每秒几十万次提高到几百万次。其经历时间约从1965年到1970年。

- 第四代电子计算机从七十年代开始，是以大规模集成电路

为主要元件的，称为大规模集成电路电子计算机。由于大规模集成电路工艺能把几千个晶体管电路制作在一个仅有几平方毫米的硅片上，不但使大型电子计算机的体积缩小，运算速度进一步提高到每秒几千万次甚至上亿次。同时，在1971年出现了微处理机和微型计算机，这一新发展使电子计算机在工厂企业等得到更加广泛的应用，而且进入了办公室和家庭，成为办公室自动化和家庭自动化的主要设备。

从上述的情况可以看出，三十多年来电子计算机是朝着降低成本，缩小体积，提高可靠性和运算速度，改善功能，方便使用和扩大应用领域的方向发展的。据有关资料，电子计算机每隔五年到八年，成本降低十倍，运算速度提高十倍，体积缩小十倍。预计今后电子计算机将向巨型机和微型机两个方向同时发展，并继续提高功能和运算速度，不断推广应用领域。为了更好发挥电子计算机作用，计算机网络将肯定会进一步发展。

目前，日本、美国等国家已经组织力量在研制第五代电子计算机。其主要元件除超大规模集成电路（VLSI）外，预计比硅器件开关速度快的砷化镓（GaAs）器件、HEMT器件（高电子迁移单晶体管）和约瑟夫逊结器件将获得应用。有关专家认为第五代电子计算机的功能应能自行解题、理解语言、进行学习和具有一定人工智能。可以预料第五代电子计算机将使计算机技术达到一个新的高度。

1.2 电子计算机分类

电子计算机有多种分类方法：

（一）按使用性质分类

· 事务用计算机——用于事务计算、商业金融及其他管理、办公室自动化等。通常用定点二——十进制运算，字长可变，输入输出速度要求高，打印功能强。

· 科学用计算机——由于某些科研题目解题时间很长需要用

某种适合于其解题算法的特殊结构计算机，以加快计算速度，如阵列机等。

- 通用计算机——没有专门性特点，可用于各个领域。

- 控制用计算机——有高速的中断响应系统和任务、进退逻辑，并有过程输入输出通道。

- 个人计算机 (PC——*Personal Computer*)——结构简单，自成系统。

上述计算机的区别与所用语言及外围设备有很大关系。

(二)按信号方式分类

- 电子模拟计算机——用电压或电流的大小值进行计算，精度低，使用不便，解题种类有限，但速度比数字机快，适合于解机组或电网的动态变化过程。

- 电子数字计算机——用脉冲数量和电子元件的开闭状态作二进制运算、解题种类无限制，可模拟人工智能、精度高、使用方便。通常所说的计算机就是这类计算机。

- 混合计算机——数字机和模拟机用模/数转换电路连起来进行混合运算。主要用于仿真。

(三)按规模分类

可分为巨型、大型、中型、小型、超小型、微型计算机等。规模分类一般根据字长、内外存储器容量、计算速度等来分，但并没有明显的界限。如超小型机内存贮器容量已近100M字节，超过七十年代的大中型机。

1.3 电子计算机的应用

今天在世界发达国家中，电子计算机的应用已经十分普遍，深入到了各个领域。其应用就功能来分大致有以下几个方面：

(一)科学数值计算

人们在科学研究、工程设计中经常会遇到大量数值计算。而用以往的计算工具，不但占用了科技人员大量宝贵的时间，而且

在时间和精度上往往不能满足要求。如气象预报，用台式计算器进行气象“24小时日预报”精确计算要化一、二个星期，这显然不能起到气象预报的作用了，而使用电子计算机计算，只要几分钟就可以完成。又如天文工作者研究小行星的运动轨道，用台式计算器计算要化一、二个月，可是现在用微型计算机来计算，亦只要几分钟就可以完成。因此，现在无论数学、物理、化学、天文、地理、航空、造船、建筑、水工等各个专业的科学数值计算，都纷纷应用电子计算机了。

(二)数据处理

人们在不少工作中需要和大量数据打交道，包括数据的采集、纪录、加工、分析、处理、制表等。有时有些数据还将从远方（其他城市或地区）采集来或加工后送向远方。以往是由人工处理或电信传送，现在电子计算机和计算机网络完全可以承担这些工作了。例如在国外，一家银行它可以利用设在总行的电子计算机和全国各地分行的电子计算机建立联系，一个储户在任一分行需要存款或取款，分行可以通过计算机网络将该用户存入的款项计入总行该用户的帐内，或查对该用户的存款数以确定是否给予取款。总行和分行的电子计算机还可以每天将一天的往来帐目加工和打印、制表，并按期向用户寄去帐单。至于国外多数企业的财务账目、工资发放，航空公司的飞机订票，图书馆的检索查询等亦都由计算机来承担了。

(三)过程控制

当前在电力、化工、冶金等工业生产中，需要不断了解各种设备的运行参数，生产流程状况，予以及时分析，作出判断，进行操作或调节，并定时纪录以保证产品质量、设备安全、降低原材料和能源消耗，这一连续的生产过程以往是由人工控制的。现在国外大部份这类企业是用电子计算机来代替人工控制了。国内亦有不少这类企业用电子计算机来承担部份人工控制职能了。如在电力生产中，水轮发电机组的运行从开启进水闸门，启动水轮

机，在水轮发电机组达到额定速率后，以自动自同期或自动准同期方式并入电网和向电网输送功率。这一系列操作过程都由电子计算机按照预先编制的程序进行顺序操作，每一步操作将先行检查各种开关和附属设备等是否处于应有状态，同时在操作过程中发生任何不正常状态都将有信号传送到计算机中心，以便及时处理。在装有若干台水轮发电机组的水电站中，或在一条河流上的梯级水电站群，应用电子计算机不但担负机组自动化的过程控制，而且运用电子计算机来达到最优控制，亦就是在一个水电站中如何按照各台机组的工况来分配负荷，在梯级水电站群如何进行水库流量调节，使各水电站在电网中承担负荷处于最佳状态。

(四) 计算机辅助设计

这是计算机近年发展起来的功能之一。设计人员利用计算机的功能进行设计，这和前面讲过的设计过程中的数值计算不同，数值计算只完成设计过程中需要的某项计算工作，而辅助设计是将计算、制图、和在显示器上进行修改，以求最佳设计方案综合在一起。设计人员修改某些数据，显示器就可以显示出修改后的图形，方案，在最终确定后通过自动绘图仪绘制出来，作为设计成果的输出。这将大大加速设计工作的进程。

电子计算机的功能除了上面所提到的几个方面外，目前已从数字关系向逻辑关系发展。亦就是输入输出不限于数码，而可以是声音、语言、文字、符号、图象等。它有理解能力、学习能力、推理能力、能进行智能对话、具有知识库，亦就是说有一定的人工智能，可以代替部份脑力劳动。其中某些功能在过去几年的研究中已经取得一定成果，如翻译机、机器人等，但不少功能的实现尚有待于进一步探索和研究。

1.4 我国电子计算机的发展和在水利电力系统的应用

我国在1956年，就开始了电子计算机的研制工作。于1958年第一台电子计算机（电子管型）研制成功。1964年我国研制成功

了第一台晶体管计算机。1971年又研制成功了第一台集成电路计算机。1979年第一台微型计算机试制成功。八十年代“银河”巨型电子计算机的问世，标志着我国在电子计算机整机制造能力方面达到了世界先进水平。据不完全统计，到1982年止，我国共生产了各种型号的电子计算机2900多台，200多个机型。目前我国计算机生产方面主要问题之一是集成电路半导体工艺水平不高，正品率低，影响了整机制造的发展和可靠性的提高。同时由于外部设备和软件不够配套，机型多，系列性差，亦影响了我国电子计算机的发展。

我国在电子计算机应用方面，近年来有了很大发展，各行各业都有计算机应用的试点单位和项目，但是要达到计算机的普遍应用，还是有很大距离。

我国水利电力部门应用计算机较早，1962年水利电力系统中即研制成功了第一台电子管式计算机并在工程设计中应用。到1982年止，全国水利电力系统共拥有各类电子计算机(不含微机)140多台。其中90%左右是国产机，其他引进设备中有日本日立公司生产的M160H型机、HIDIC—80E型机，美国PDP—11/34、44型机、CLASSIC—7835型机、PRIME550型机等。这些计算机主要用于工程计算、实时监控、水利防汛和企业管理等，并已发挥了很好作用。

例如在工程计算方面，东北某水电站大坝设计方案比较中，由于应用电子计算机对三十多个方案进行了计算和比较，不但节省了人力和时间，使得有可能对如此众多的方案进行比较，而且最后选定的方案较原手算方案节省混凝土17万立方，节省投资1000多万元，还降低了大坝的主压应力，提高了大坝的安全性。又如南方某水电站大坝用计算机对多年运行资料进行分析校核计算，发现有两个应力集中点，而过去用模拟试验和手算时只有一个应力集中点，经现场检查，在另一应力集中点果然发现了裂纹，消除了隐患。

在实时监控方面，如京津唐电网采用水电部南京自动化研究所研制的SD—176型电子计算机实现了数据采集、屏幕显示、功率总加、制表打印、状态监视等一系列调度自动化功能。在1980年6月陡河至通州的双回220千伏线路发生倒杆事故，退出运行达两个多月，电网供电紧张，个别变电站主变压器经常过负荷，由于调度员可以从屏幕上看到全电网潮流和主要变电站主变压器负荷情况，及时对电网运行方式进行调整，从而保证了电网安全运行。目前全国已有9个大区电网和省电网先后使用了计算机调度自动化系统。在国内水电站和火电厂中，亦有一些厂站采用了计算机控制，其计算机系统有国内制造的，亦有国外引进的，都取得了较好的效益。

在水利防汛方面，使用计算机系统后，由于计算速度快，赢得了时间，效益更是明显。如1981年长江上游发生特大洪水，这一洪水对长江中游影响如何？是否要使用荆江分洪区？在这一重大决策之际，根据气象、雨情、水情资料使用电子计算机进行计算后，预报沙市水位为44.4~44.7米（以后实际洪峰水位为44.46米），中央和湖北省委据此作出了不使用荆江分洪区的决定。这一正确决定避免了40余万人民的转移，免除了荆江分洪区内近六十万亩耕地的损失。

在企业管理方面，计算机已经在电力生产管理、电费管理、计划管理、物资管理、工程设计管理、工程施工管理、科研管理、科技情报管理、劳动工资和人事管理等方面得到了应用，并正在逐步推广，用于这方面的电子计算机系统要求有多个终端，便于输入输出，存贮容量大和配有汉字系统。

综上所述，电子计算机在水利电力部门的应用前景是十分广阔的，效益和迫切性亦是十分明显的。由于电力生产的特点是发电、供电、用电同时进行。而且各级电网日益扩大，对安全运行，经济调度亦提出了进一步的要求。面对大量的信息，各种可能发生的事故，如果不用电子计算机而只采用一般的远动通信装

置，要求调度人员在事故发生时，作为正确判断，及时处理，避免事故扩大；在平时合理调度做到经济运行，简直是不可能的。目前全国有跨省的大区电网7个，省电网20多个，地区电网230多个，除了少数电网初步使用了计算机调度自动化系统外，各级电网不少还停留在人工抄表、电话调度的水平，亟需采取“全面规划，分批实现”的原则，逐步实现计算机调度。

在水利防汛自动化方面，过去我国是一个洪水灾害频繁的国家。解放后经过多年整治，各大江河的防洪能力有了很大提高，但还不能控制特大洪水灾害。以黄河三门峡至花园口区间为例，据计算这一区间可能发生的最大洪水为46000秒立方米，但花园口以下防洪能力只有22000秒立方米，超量洪水需使用黄河北金堤滞洪区。该滞洪区内有125万人口，242万亩耕地。当三门峡至花园口区间暴雨，洪水洪峰到达花园口只需12小时，因此要求洪水预报必须迅速、准确，以便及时采取措施，万一黄河大堤溃决，损失至少在百亿元以上。在国外，美国、日本均已在大部份河流上建立了洪水预报通信网。为此在国内各大河流上建立以电子计算机为中心的洪水警报系统亦是迫不及待的。

第二章 计算机基础

为便于阅读本书，本章扼要对计算机基础作一概述。

2.1 数字计算机的运算法则

(一) 数字系统的数制

众所周知，计数到一定数量需要进位，这样就能用有限的几个数字符号来表示大量的各种数。人们习惯使用的是十进制，亦就是用 0 ~ 9 十个数字符号来表示数量的多少。十进制的基数为 10，数的表示如 366_{10} ，在习惯书写时省略了下标 10，写为 366。但是由于计算机电子元器件一般表示为开、合二种状态，只能用来表示“0”和“1”，因此在计算机运算中二进制就成为一种通常的数字系统，它的基数是 2，例如 1011_2 就是 $1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 11_{10}$ 。在计算机运算中二进制每个“1”或“0”称为“位” (Bit)，在微型计算机中通常用字节进行运算，一个字节 (Byte) 包含八位二进制数。

八进制是另一种数字系统，它的基数是 8，用数字 0 ~ 7 来表示，例如 $366_8 = 3 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 6 \times 8^0 = 246_{10}$ 。

十六进制是又一种数字系统，它的基数是 16，用数字 0 ~ 9 和字母 A ~ F 来表示，例如 $0_{10} \sim 9_{10} = 0_{16} \sim 9_{16}$ ， $10_{10} = A_{16}$ ， $11_{10} = B_{16}$ ，……， $15_{10} = F_{16}$ ， $16_{10} = 10_{16}$ ， $17_{10} = 11_{16}$ 。

关于各种进制间的转换就不在这里叙述了。

(二) 定点与浮点

在计算机内二进位之间任意加小数点是很困难的。一种是将小数点定在最高位之前如 0.10110110 一种是将小数点定在最高位之后如 10110110.0，机内实际没有小数点的专门电路，小数点是由

软件处理。这种方式叫定点，用定点是很不方便的。例如， 4.3×2 ，要将4.3与2都乘0.1变为 $0.43 \times 0.2 = 0.086$ 结果再除以0.01，乘0.1和除0.01叫比例因子，计算可由计算机做，若计算机只允许小数点后两位，则结果变成0.08，精度受到损失。为此设计了浮点运算，如带小数点的十进数37.84可表示为 0.3784×10^2 ，而带小数点的二进数100.1也可表示为 0.1001×2^3 ，其中：0.1001为尾数，3是阶（阶码为11）。计算机内用两套电路分别表示尾数和阶码，每次运算后尾数的最高位总是左归为1，阶码不是固定的，小数点随着阶码的变化而浮动。故叫浮点运算。其优点是保持了有效位数，精度提高，也不需考虑比例因子。定点机可用软件模仿实现浮点运算。

(三)字长

由于设备限制和实际要求，计算机内二进位数的长度是有限的，有8位、16位、32位、64位之分。一般为8位的倍数，如32位，这就是字长。一种机型固定用一种字长。如果有浮点则可以是32位及64位两种，但字长仍定为32位。如字长短，精度不够，则可用软件实现多字长四则运算。

(四)数字计算机的解题

数字计算机只能做四则运算，对于其它数学方程和各种函数都必须变成四则运算后求解。计算机不能求解析解，只能求近似解。若用计算机求 $y=f(x)=ax^2+bx+c=0$ 的解，可用二等分法求，如图2—1所示。

假设 $y=f(x)$ 在估计的解值范围 $[x_1, x_2]$ 区间连续，且 $f(x_1) \cdot f(x_2) < 0$ （假设 $f(x_2) > 0$ ， $f(x_1) < 0$ ），取区间 $[x_1, x_2]$ 的中点 $x_3 = \frac{x_1+x_2}{2}$ ，因 $f(x_3) < 0$ ，所以取新区间 $[x_3, x_2]$ 的中点 $x_4 = \frac{x_3+x_2}{2}$ ， $f(x_4) > 0$ 则取区间 $[x_3, x_4]$ 的中间点， $x_5 = \frac{x_3+x_4}{2}$ ，对应 $f(x_5)$ ，……这样依次类推直

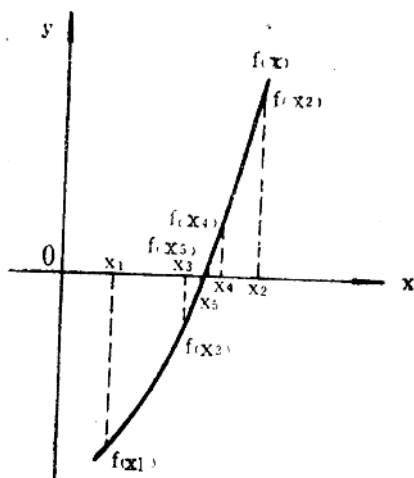


图 2-1 二等分方程

到 $f(x_n) < \varepsilon$ (允许误差, 实际应接近 0), 则认为 x_n 是方程 $y=f(x) = ax^2+bx+c=0$ 的一个解。另外一解的方法与此相同。这里不再叙述。此算法求出近似解的精度决定于允许误差 ε 的大小。这种来回求 $f(x)$ 的过程称为迭代。有时因算法不对或问题特殊使 $f(x_n) < \varepsilon$ 不能满足, 这就叫迭代不收敛。有时 $f(x_n)$ 离 0 愈来愈远这就叫迭代发散。

2.2 数字计算机的基本结构

数字计算机的组成主要包括运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备。如图 2-2 所示

(一) 运算器

运算器是直接进行运算的部件, 它能完成加、减、乘、除算术四则运算和移位运算, 亦能按照逻辑代数规律进行逻辑运算。运算器一般由加法器和寄存器组成。加法器是能够将两数相加的

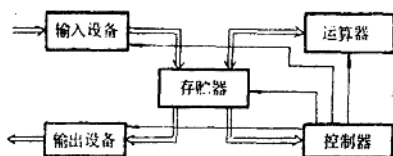


图2—2 数字计算机基本结构框图

部件。寄存器按照各种不同用途可以有累加寄存器、变址寄存器、通用寄存器等。寄存器存放一个字长的二进制数。运算器的基本结构如图2—3所示。其中ALU(Arithmetic Logic Unit)算术逻辑运算单元接收两个数进行运算，结果从另一侧输出，运算种类有加、减、取反、移位等。

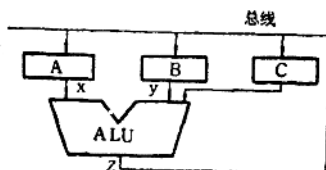


图2—3 运算器基本结构图

现用乘法计算来说明运算器动作过程。设：

寄存器A开始时为0，运算时放部分积、最后放乘积。

寄存器B放被乘数。

寄存器C放乘数。

乘法计算步骤：

① $A \rightarrow X, B \rightarrow Y$ 。

② 若 C_0 (C 的第0位即最低位) = 1，做 $X+Y$ ， $C_0=0$ ，做 $X+0$ 。

③ 结果 Z 经总线转送至寄存器A。

④ 寄存器A、C右移一位，转至②，循环做16次，寄存器