

师范专科学校教材

电子计算机数学基础

郑金明 潘新一

承德师范专科学校数学科

前 言

本书包括电子计算机算术基础、逻辑代数及程序设计初步三部分内容，其目的是向二年制的师专数学专业师生提供一本比较适宜的教材，教学总时数为56课时。它侧重于讲述基础理论，力求使得学完本书后能较信任地承担十年制部编中学课本中有关章节的教学，也为今后进一步学习电子计算机方面的知识打下基础。

本书较详尽地介绍了逻辑代数的理论基础，配有大量习题，以巩固所学内容并较全面地扩充和加深了这部分的内容，后面这些习题以“*”标出，不作基本要求。

因我们学识有限，书中不少地方有待商榷，甚至有谬误之处，恳望广大师生予以批评指正。

在审订本书会议上，蒙吴健龙、林金肥等同志提了许多宝贵意见，杨克仁同志对本书的编写工作始终都给予指导和热情支持，一并在此表示衷心的感谢。

郭 友 朋
潘 斯 一 辛酉年春节于福州

目 录

第一章 电子计算机概述	1
§ 1—1 电子计算机的发展和分类	1
§ 1—2 电子计算机的组成和工作过程	3
§ 1—3 电子计算机的特点和应用	12
习 题	13
第二章 电子计算机中数的表示及运算性质	14
§ 2—1 进位计数制	14
§ 2—2 二进制	17
§ 2—3 几种常用的进位制的相互转换	21
§ 2—4 简单编码	29
§ 2—5 原码、补码和反码	34
§ 2—6 定点和浮点表示法	44
习 题	48
第三章 逻辑代数基础	51
§ 3—1 引言	51
§ 3—2 逻辑代数的基本概念	52
§ 3—3 逻辑代数的常用公式和重要规则	73

§ 3—4	小项标准形与 1 值标准形	84
§ 3—5	逻辑函数表达式的化简	91
§ 3—6	逻辑方程	103
§ 3—7	逻辑方程的应用	107
习 题		112
第四章	逻辑代数在设计中的应用	126
§ 4—1	逻辑设计的基本方法	126
§ 4—2	全加器	133
§ 4—3	译码器、寄存器和计数器	138
习 题		142
第五章	程序设计初步	145
§ 5—1	计算机“软件”概述	145
§ 5—2	算法的框图描述	149
§ 5—3	简单算法的框图表示	154
§ 5—4	具备条件判断的框图	157
§ 5—5	循环算法的框图描述	160
§ 5—6	较复杂算法的框图程序	164
§ 5—7	几种常见算法的框图和源程序例举	167
习 题		172
附 录		176

第一章 电子计算机概述

电子计算机是二十世纪科学技术的卓越成就之一，它是一种能自动进行高速而且大量的数据、信息加工的电子器械。它成为一种现代化的科学工具广泛地应用到科学技术、国民经济、生产和生活的各个领域中去，它奇特的功能常使人惊奇，不过，从它最基本的工作原理谈起，仍离不开人类在计算各种问题时的最原始和最信单的规律。它的“解题能力”可以说是由制造和信用它的人赋予它的，也只有在人为的巧安排下它才进行各种数、信息的处理和运算。因而，电子计算机只能算是人类在计算实践活动中，不断总结、掌握了规律后才设计和研制出来的，本章就对这些基本情况作简要的介绍。

§ 1-1 电子计算机的发展和分类

电子计算机的发明 电界上第一台电子计算机“ENIAC”是1946年诞生在美国宾夕法尼亚大学。它是一架体积庞大的计算机，重30吨，占地面积约170平方米，每秒能作加法运算5000次，其中用了18000个电子管和1500个继电器。我们知道瓦特蒸汽机的出现，带来了人类史上的第一次工业革命，解放了人的体力劳动，那“ENIAC”的诞生却可算是带来了解放人的脑力劳动的第二次工业革命的萌芽，在短短的三十多年中，由于电子工业的蓬勃发展，就电子计算

机所使用的电子器件而言，大致可以说是经历了以下几代，五十年代末以前的电子管计算机；五十年代末至六十年代中期的晶体管计算机；六十年代中期至今的半导体集成电路计算机和目前迅速发展起来的超大规模集成电路计算机。当前，计算机的体积大大缩小，仅占地面就缩小约5000万倍，速度可达每秒几千万次甚至上亿次，同时计算机的可靠性，兼容性和可维修性都得以显著提高。因而，各种巨型机、中小型机、微型机不断出现，并广泛地被运用到科学和生产的各个领域中去。综合使用多台、多种计算机的计算网络也开始了广泛应用。关于人工智能模拟的课题研究和试验也得到新的进展，然而应该认识到，电子计算机的功能永远也不会超过人类自己的聪明和才智。

我国的第一台电子管计算机是1956年至1958年研制成功的，每秒运算2000次。1965年第一台晶体管计算机研制成功，每秒运算5万次，到了七十年代集成电路计算机研制成功以来，速度可达每秒一百万次以上，同时各种大、中、小和微型机也正在蓬勃发展起来。

电子计算机的类别 电子计算机从它运算的对象来区别，基本上可分成三类：

电子数字计算机，以后简称电子计算机，它类似于算盘，手摇计算机等，是以数字形式的量作为运算对象，它精度高且通用性强。

电子模拟计算机 简称模拟机，它类似于计算尺，温度计等，是以连续变化的物理量作为运算对象，它可以通过各种显示设备直接进行各种物理模拟和数学模拟来揭示各种连续变化着的量之间的联系，多用于模拟、计算和自动控制等，解决专用问题。它结构简单，与实物和人联系密切、速度

快，但精确度和通用性不如电子数字计算机。

混和式电子计算机 它是把前面两种计算机的性能、特点结合起来设计的电子计算机。它的应用极其广泛而且灵活。

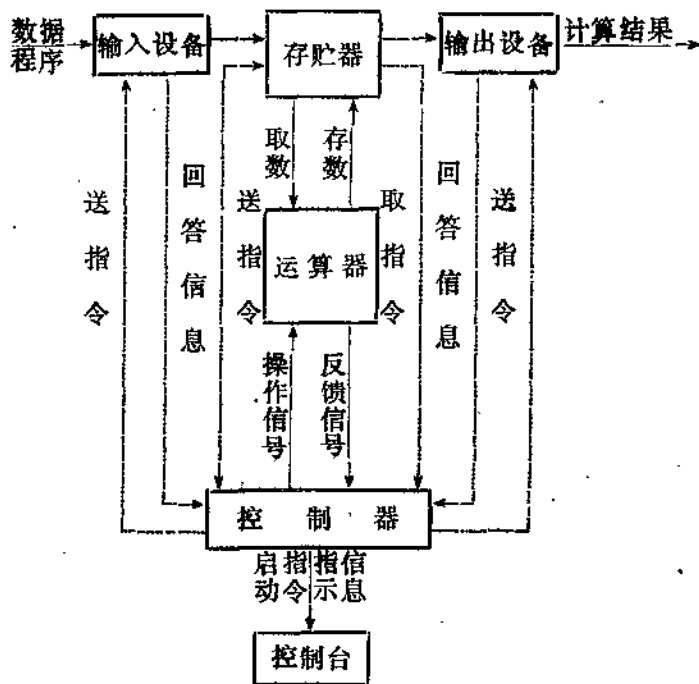
电子计算机从它的设备和性能特点方面看又有巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等之分。

§ 1-2 电子计算机的组成和工作过程

电子计算机的组成 在电子数字计算机内被加工（运算、传送等）的数据和信息都是用数字形式表示的。对于数据和信息进行各种不同的加工方式统称为操作。而操作的对象称操作数。为解题面要求进行某种操作的命令称指令。要解一道题目就必须按解题步骤的顺序把一串指令排好，然后让计算机逐条地自动执行而完成。这种用一串有序指令组来表示的计算步骤称为程序。当然，指令和程序也都是一组有顺序关系的数字形式的信号，这些信号意义的规定是由各种计算机自己决定的。也就是各种型号的计算机都配有自己特殊一套指令。对每一台计算机而言，这一套指令的全体称为指令系统。

电子计算机作为一种能自动进行高速运算的电子器械，一般可由存储器、运算器、输入、输出设备和控制器等几个部分组成。其中，运算器和控制器部分又称中央处理机（CPU）。各部分之间的联系如图（见 p. 4）。

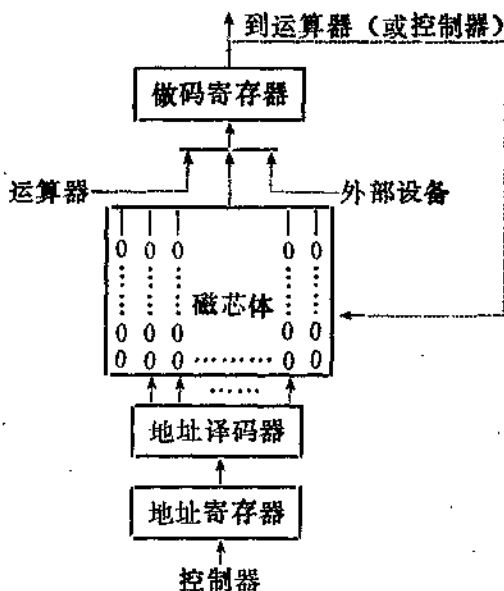
现对各部分的构造框图和性能作简要介绍，以便了解它的解题过程。



存贮器 它是计算机的“记忆装置”，是一种既能存放题目、原始数据、计算程序、中间结果及最后结果，又能按照一定的“地址”顺序地取出上述那些数据、指令、结果的装置，我们可以把存贮器形象地比喻作一座仓库，里面有许多库房，每个库房都编有号码，这些号码称为“地址”，每间库房称为**存储单元**，每个单元里可存放一个表示数据或信息的数字（或代码），它称为计算机的**字**，这些字的数字个数称为**字长**。所有“库房”的总间数称**存储容量**。

存贮器可以根据解题过程的需要，存进或取出一个计算机字（代码），这样存取一个字（代码）所需要的时间称存取周期，计算机的字长，存储容量和存取周期都是计算机的重要技术指标。

从上述的存贮器功能来看，我们总是希望它的容量要大（意味着解题能力强）而存取周期要短（意味着计算速度快）。但一般来说，增大容量就会增大存贮器的体积，功率消耗并易受外界干扰，从而使存取周期增长，为克服这一矛盾，做到既能快速存取，又有足够大的容量，常把存贮器分为内存贮器和外存贮器两种，打个比方，内存贮器就象中文打字机上的手动字盘，而外存贮器就象打字员案头摆放着的备用字

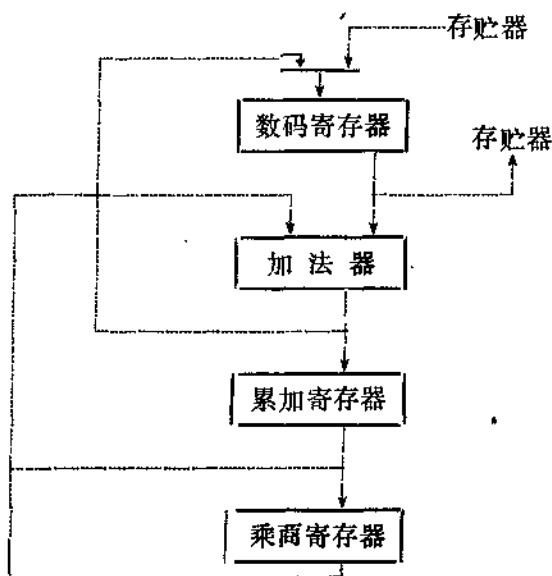


存储器的简化逻辑框图

盘。内存贮器一般由磁芯、磁盘组成，中央处理机可直接对它存取指令和数据，它容量小但速度快。而外存贮器由磁鼓、磁带、磁盘等组成，它不能由处理机对它直接存取，要通“外部设备通道”进行存取，但它容量大，可长期存放，是内存的补充，但速度慢。一般外存容量都较内存容量大得多。

运算器 它是完成各种算术运算的逻辑运算装置。而计算机完成各种运算都可以通过加法和移位来实现，所以它还必须具有对数码进行传送和移位的功能。在计算机中把运算中的一些数据暂时保存起来称寄存，而寄存代码的部件称**寄存器**。

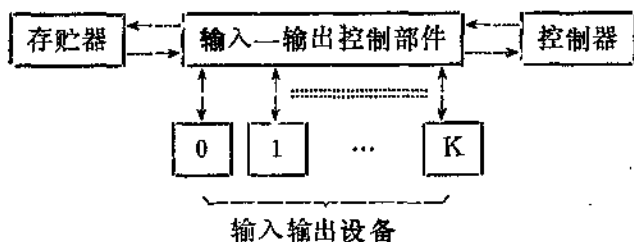
运算器一般由若干个寄存器和一个加法器组成，它的结构框图如下：



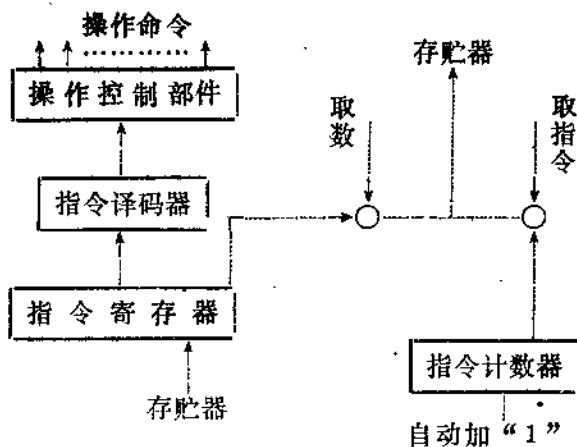
输入设备 是向计算机输入原始数据、程序和各種信息的设备，一般用紙帶輸入機、卡片机、電傳打字機、控制打字機、光筆顯示器及一些模轉換器等作輸入設備。解題時還可作為人機聯系的設備。

輸出設備 是能把計算的中间結果、最後結果、計算過程的參考信息表示出來的設備。一般用行式打印機，電傳打字機，紙帶穿孔機、自動繪圖儀等作輸出設備。

目前一般的計算機為了能同時使用多台的輸出輸入設備進行工作來提高工作效率，大都採用了專門管理使用輸入輸出設備的“輸入輸出控制部件”，多以“通道控制部件”或“交換器”等設備組成。它與輸入輸出設備的聯系框圖如下：

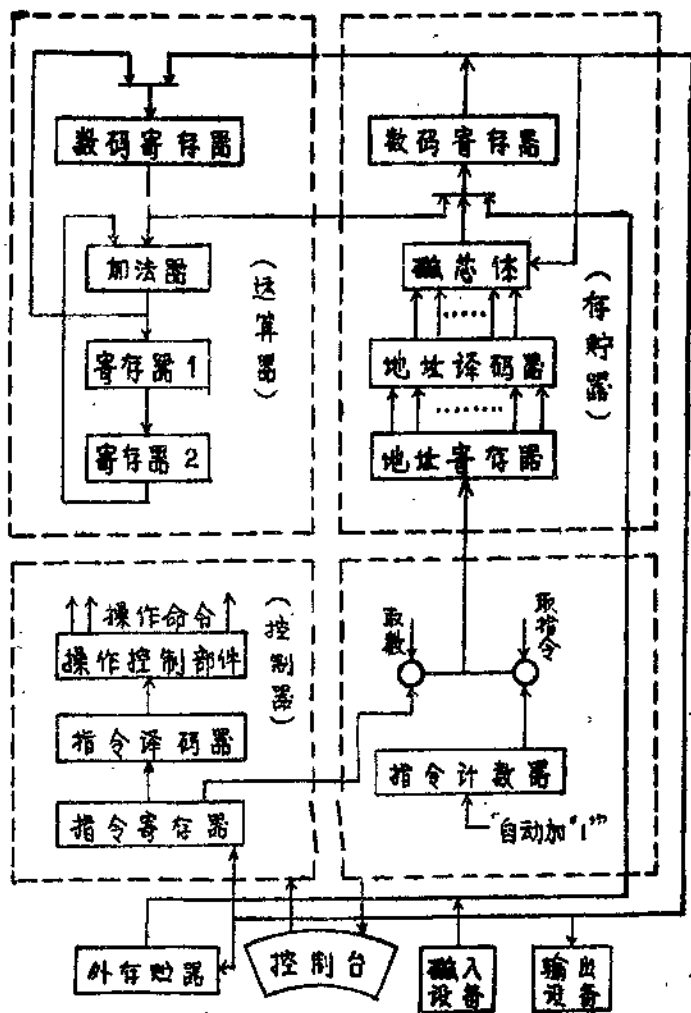


控制器 它是指揮計算機各部分進行協調工作的裝置。即能按存貯器里存放的解題程序的指令順序逐條地取出，並進行分析和執行。因而它一般可由指令計數器、指令寄存器、指令譯碼器和操作控制部件幾個部分組成。它的結構聯系框圖如下：



计算机在执行指令时，按顺序逐条从存储器中取出（此时每取出一条，指令计数器自动加“1”，为取下一条作准备）送至指令寄存器，再经指令译码机分析指令的内容，而后由操作控制部件，按分析出的操作要求用电脉冲作出操作命令而得到执行。

整机工作过程 为了说明计算机的工作过程，我们先画出它的整机简化框图（见 p. 9）



现在就以计算函数 $Y = 2 \times 7 - 3$ 的 Y 值为例来简要叙述计算机的工作过程。

首先分析计算 Y 值所用的原始数据有 2, 7, 3 和 Y , 要求计算机工作步骤是: 先算出 2×7 的值 14, 再算 $14 - 3$ 的值 11, 最后把 11 送给 Y 作为计算结果。这里的计算由计算机完成可有如下几个过程:

1. 把原始数据 2, 7, 3 和 Y 以及上述描述计算步骤的程序(一串有序的指令组)按我们要求由输入设备把它们顺序存放在存贮器的内存单元里。

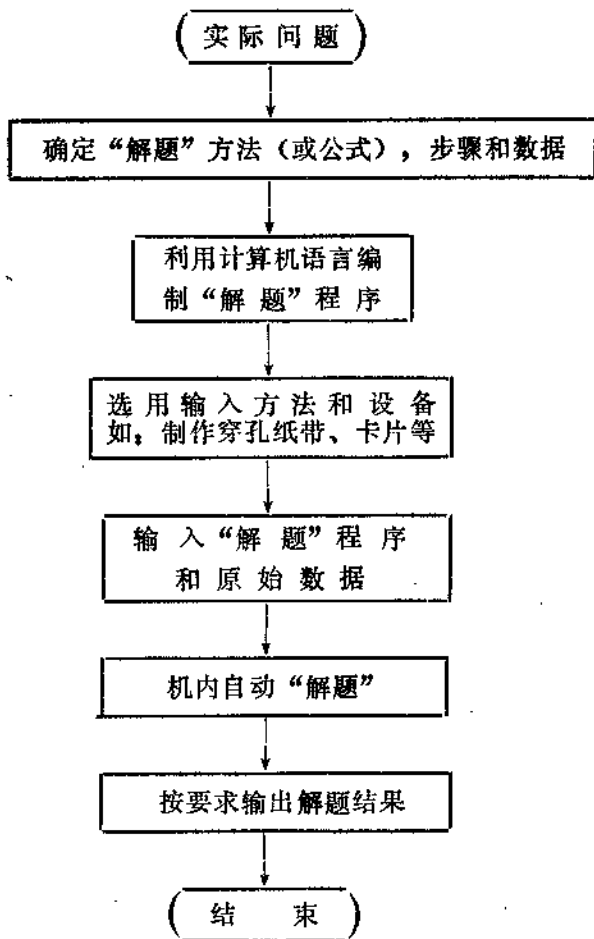
2. 控制台发出算题的启动信息, 控制器就开始指挥算题, 过程如下:

从存贮器中取出第一条指令“取数 2 和 7 至运算器计算 2×7 ”送指令存贮器, 经指令译码器分析指令内容后, 由操作控制部件发出“取数信号”将存贮器里的数 2 和 7 取出送运算器的寄存器 1 和加法器, 计算出结果 14 送寄存器 1 或 2。

此时, 指令计数器自动加“1”, 指向第二条指令: “取数 3 至加法器进行计算 $14 - 3$ ”, 其过程如上, 将结果 11 送内存 Y 的单元中去。

执行完第二条指令后, 又执行第三条指令“将结果值 11 送出”再由控制器命令存贮器读 Y 单元中的值 11 通过输出设备打印出来, 完成了整个计算工作。

这里要说明的是: 当“取数”或“读出数”时, 计算机的指令是按单元地址进行的, 然后取出和读出的“数值”都是该地址的单元中的内容。由以上介绍, 我们大致可将使用计算机“解题”的全过程, 用框说明如下:



§ 1-3 电子计算机的特点和应用

电子计算机的特点 从电子计算机的结构和性能上分析大致有如下几个特点:

1. **运算速度快** 由于计算机的主要部件均采用快速电子元件组成,因而它就具有惊人的运算速度。目前的巨型机速度可达每秒上亿次。打一个比喻,若一个熟练的计算人员使用机电机械台式计算机计算五十多年的工作量,由一台每秒只有5万次的计算机完成只需8分钟左右。

2. **具有“记忆”和“逻辑判断能力”** 计算机的存贮器能“记忆”大量的数据,解题程序和各種信息等。这就保证了它能自动高速地工作,完成各种复杂的计算。另外还能进行各种数据的比较,信息的性质判断等,从而决定该执行什么操作。为各种资料检索和工业上的自动实时控制等创造了应用条件。

3. **精确度高** 计算机的精确度可按照人们实际需要,通过设计字长等硬设备和配备可变字长等软设备来保证。尤其计算机内的数只用两种规定的物理状态表示,所以能使运算保持有较高的精确度。

4. **能自动连续地工作** 由于它能记住人们预先安排好的工作程序和运算所需要的数据,并逐条顺序地执行每一指令。所以“算题”过程可以完全离开人的参与。

5. **通用性强** 目前硬件设备和软件的设计方面不断发展,加上计算机的综合利用,计算机的功能得以不断扩大。因而使得在科学研究、工程设计、数据处理、资料检索、实时自动控制等方面都是得以广泛的应用。

电子计算机的应用 由上述电子计算机的特点可看出它的应用是极其广泛的，从各种近代科学研究工作到家庭的日常生活领域都得以应用。归纳起来大致可有如下几个主要方面：

1. **数值计算** 它用于解决科学研究和工程设计中的复杂而且是大量的数值计算问题，做到及时和准确。

2. **数据处理** 计算机能对大量的数据进行综合分析，并按人们的要求进行转换调索等。如在银行里出纳流水账的汇总、分类、统计、制表；地质探测中的资料数据的整理分析；国民经济中企业事业的管理、统计工作以及在科学实验中的大量数据的分析和判断、图书、情报资料的检索等方面计算机都得到利用。

3. **自动控制方面** 也就是在自动控制生产过程、机械运行方面利用计算机可做到及时可靠。尤其在许多尖端科学如宇宙飞船、导弹发射等方面可利用它来进行实时控制，即：及时判断调节各种复杂的参数和实际运动因素进行跟踪，观察控制等。

电子计算机的应用不断广泛深入到各个生产和生活领域中，可以说它已成为人类科学、生产、文化生活等方面不可缺少的一种现代化的工具。

第一章 习 题

试叙述电子计算机的主要组成部分和它们的主要功能。