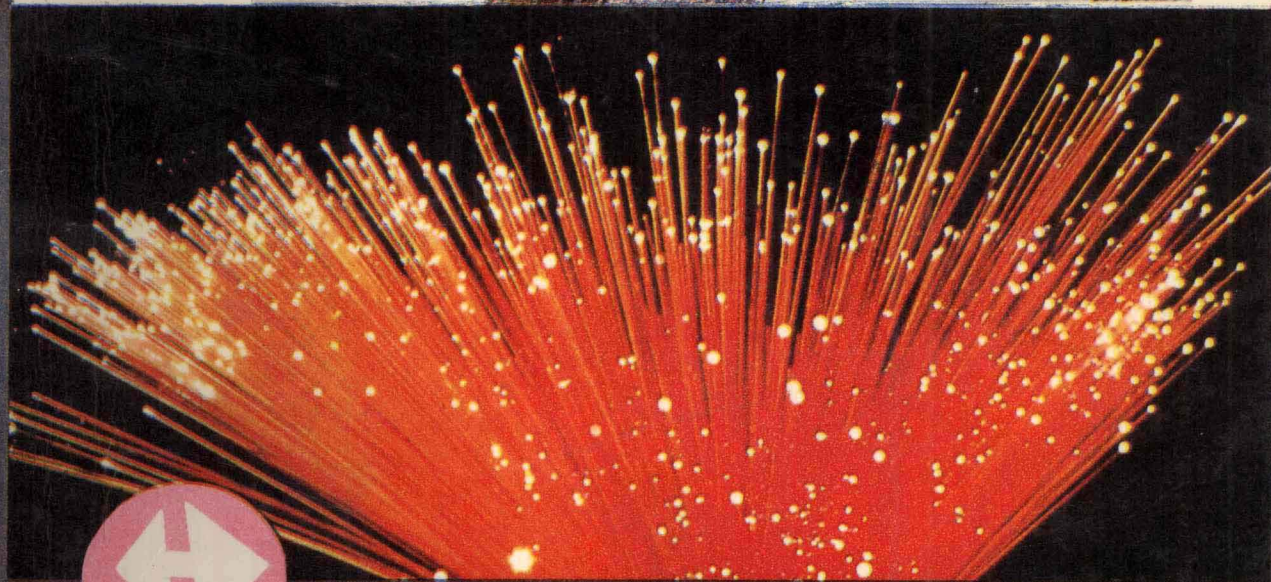
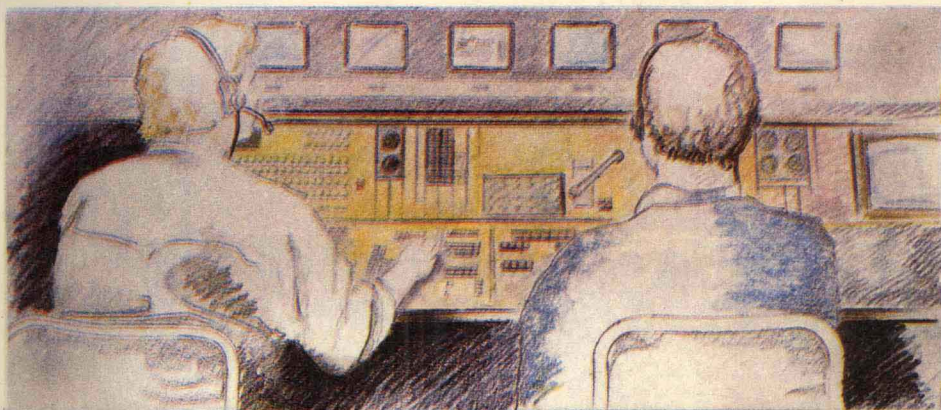


介绍苹果机APPLEⅡ、CEC—1 中华学习机及其兼容机
上的BASIC语言程序设计和上机操作、习题与答案

青少年计算机学习与指导

吴利阳 编著
吴文虎 审校
温 强 插图



HOPE

中国科学院希望高级电脑技术公司

青少年计算机学习与指导



吴利阳 编著

吴文虎 审校

温强 插图

中国科学院希望高级电脑技术公司

前 言

近年来,书店里有关计算机知识的书籍琳琅满目,可是供广大青少年学习计算机知识,同时配合青少年各级计算机考试和竞赛的读物却不多见。为此,我们特编写《青少年计算机学习与指导》一书,以满足广大青少年朋友的需要。

本书主要介绍在苹果机APPLE II、CEC—1 中华学习机及其兼容机上的BASIC语言程序设计和上机操作。本书在编写过程中,注意到中学生的知识结构和接受能力,力求做到循序渐进、易于自学和便于教学。本书前九章由概括到具体、由浅入深,着重介绍计算机基本概念和BASIC语言的基本语句及其程序设计,这是中学BASIC教学的重点;第十章介绍图形操作;第十一章对BASIC语言进行总结;第十二章介绍了程序设计的基本方法和技巧,对编制程序有重要的指导性作用;最后三章介绍了上机操作、DOS3.3以及一些补充内容。

本书大部分例题和习题选自中国北京、上海、广东、江苏四省市1987年以来的各级计算机考试和竞赛题,以及日本初级软件人员考试、美国青少年计算机竞赛和国际奥林匹克青少年计算机竞赛试题,所有习题都附有答案或提示,具有一定的新颖性和实用价值。

本书可作为广大青少年学习计算机的入门和提高辅导教材,并为参加各级计算机考试的青少年朋友服务,也可供具有初中以上文化程度的读者和从事计算机应用工作的人员学习参考。

中科院希望电脑公司对本书的编写工作给予了极大的支持和帮助,在此谨致以衷心感谢。

承蒙清华大学计算机系吴文虎教授审阅了本书,并提出许多宝贵意见,谨致衷心的感谢。

感谢清华大学王延富、欧阳、吴永刚、温强、庄林同学,北京大学朱玲、潘冬同学的帮助。

感谢:

清华大学附属中学计算机教研组。

北京师范学院计算机系

北京电脑天地学校

编者

1990年夏于清华园

目 录

第一章 计算机基础知识	(1)
第一节 计算机的发展和应用.....	(1)
第二节 计算机的组成和硬件软件.....	(3)
第三节 计算机的工作原理.....	(6)
第四节 计算机的语言.....	(10)
第二章 BASIC语言初步知识	(13)
第一节 BASIC语言和BASIC程序	(13)
第二节 BASIC语言的基本元素和基本规则	(14)
第三节 BASIC程序中的常数、变量和函数	(15)
第四节 BASIC语言中的基本运算和表达式.....	(18)
第三章 程序设计基础和最常用的BASIC语句	(24)
第一节 程序设计基本步骤.....	(24)
第二节 流程图.....	(26)
第三节 赋值语句 (LET语句)	(28)
第四节 打印输出语句 (PRINT语句)	(30)
第五节 程序结束语句 (END语句)	(34)
第四章 提供数据的语句	(35)
第一节 赋值语句 (LET语句)	(35)
第二节 键盘输入语句 (INPUT语句)	(35)
第三节 数据的设置和读取语句 (READ, DATA语句)	(38)
第四节 数据区恢复语句 (RESTORE语句)	(41)
第五节 三种提供数据语句的比较.....	(42)
第五章 分支程序设计	(44)
第一节 条件转向语句 (IF—THEN 语句)	(44)
第二节 无条件转向语句 (GOTO语句)	(47)
第三节 多路转向语句 (ON—GOTO语句)	(49)
第四节 分支程序的设计举例.....	(51)
第五节 注释语句 (REM语句) 和暂停语句 (STOP语句)	(56)
第六章 循环程序设计	(59)
第一节 问题的引出.....	(59)
第二节 循环语句 (FOR—NEXT)	(60)
第三节 多重循环.....	(63)

第四节 循环程序设计举例·····	(68)
第七章 函数和子程序 ·····	(74)
第一节 标准函数·····	(74)
第二节 自定义函数语句 (DEF 语句) 和自定义函数·····	(79)
第三节 子程序·····	(80)
第四节 函数和子程序应用举例·····	(86)
第八章 下标变量和数组 ·····	(97)
第一节 单下标变量和一维数组·····	(97)
第二节 数组说明语句 (DIM 语句)·····	(99)
第三节 双下标变量、二维数组及其说明·····	(102)
第四节 数组应用举例·····	(105)
第九章 字符串 ·····	(115)
第一节 字符串常数和字符串变量·····	(116)
第二节 字符串的运算·····	(117)
第三节 字符串函数·····	(119)
第四节 字符串应用举例·····	(123)
第十章 图形制作 ·····	(129)
第一节 屏幕工作方式·····	(129)
第二节 低分辨图形显示及语句·····	(130)
第三节 高分辨图形显示及语句·····	(133)
第四节 图形应用举例·····	(136)
第十一章 BASIC语言总结和综合例题举例 ·····	(140)
第一节 BASIC语言总结·····	(140)
第二节 综合程序举例·····	(143)
第十二章 程序设计的基本方法和技巧 ·····	(154)
第一节 程序的基本结构·····	(154)
第二节 结构化程序设计·····	(158)
第三节 程序的优化·····	(165)
第十三章 SOFT BASIC 的基本上机操作 ·····	(167)
第一节 计算机系统组成·····	(167)
第二节 开机和关机·····	(168)
第三节 键盘和使用·····	(169)
第四节 常用的键盘命令和键盘运算·····	(174)
第五节 BASIC程序的输入、显示、运行和修改·····	(175)
第六节 打印机的使用·····	(178)
第十四章 文件和磁盘操作系统 ·····	(178)
第一节 磁盘文件·····	(179)
第二节 磁盘操作系统·····	(179)

第三节	DOS管理命令和程序文件存取命令.....	(181)
第四节	在BASIC程序中使用 DOS 命令.....	(184)
第五节	顺序文件的存取	(184)
第六节	随机文件的存取.....	(189)
第七节	综合举例.....	(191)
第十五章	发声、屏幕显示控制以及其他一些功能.....	(195)
第一节	计算机的发声	(195)
第二节	屏幕显示控制.....	(195)
第三节	与存储单元有关的函数和语句	(198)
第四节	处理错误句	(199)
第五节	GET 语句.....	(200)
第六节	POP 语句.....	(200)
第十六章	参考答案.....	(1)
附录A	APPLESOFT错误信息.....	(216)
附录B	APPLESOFT保留字.....	(217)
附录C	ASC II 码.....	(218)

第一章 计算机基础知识

第一节 计算机的发展和应用

电子计算机是人类智慧的灿烂结晶，是现代科学技术的伟大成就。电子计算机的诞生，标志着一场以解放人类脑力的划时代科学技术革命的开端。当今世界上，以计算机技术为核心的科技革命正深刻地影响和改变着人类社会，对人类文明的发展有不可估量的贡献。

1.1 计算机的发展

电子计算机又称计算机，它是从原始的计算工具发展而来的。

人的手指、石块、贝壳和绳法是原始的计算工具，人类祖先就是利用它们计数，来解决一些简单的算术问题的。算盘是在我国唐朝时期出现的计算工具，它有许多独特之处，甚至今天也还是一种重要的计算工具。计算尺和机械计算器是设计更为先进的计算工具，它们首先出现于十七世纪的欧洲，那里的测量和计算较为发达。机械计算器使用了齿轮和杠杆机构来计算和传送数据，甚至能够进行加、减、乘、除四则运算和求平方根，可以说是计算机的雏形。

现代科技和生产，迫切需要高性能的计算工具来满足日益复杂的计算要求。十九世纪以来，计算理论和电子技术的迅猛发展为电子计算机的出现提供了物质基础，1943年美国宾夕法尼亚大学开始研制历史上第一台通用数字电子计算机，1946年“埃里亚克”(ENIAC)诞生，它使用了18400只电子管，1500多只继电器，耗电150千瓦，体积3000立方英尺，占地170平方米，重达30吨。ENIAC每秒钟能运算5000次，大大超过以前的计算工具。

从ENIAC诞生以来，计算机的发展迅猛异常，在短短的四十多年时间里，已经历了电子管、晶体管、集成电路和大规模集成电路四代更新发展时期：

第一代(1946—1959)是电子管计算机时代，这个时期的计算机使用体积大、价格昂贵的电子管，运算速度慢。

第二代(1959—1964)是晶体管计算机时代，使用体积小、寿命长、耗电省的晶体管取代电子管，提高了运算速度、改善了计算机性能、降低了成本。

第三代(1964—1974)是集成电路计算机时代，中、小规模集成电路代替的晶体管，成为组成计算机的基本器件，计算机的运算速度、可靠性有很大提高，成本大幅度下降，计算机的应用范围扩大到各个领域。

第四代(1974年以来)是大规模集成电路计算机时代，计算机采用运算速度快、集成度高的大规模集成电路，在一平方毫米的半导体芯片上容纳了成千上万个电子元件。计算机的核心部件运算器和控制器可做在一块很小的大规模集成电路芯片上，称做微处理器。微处理器再配上存储器芯片和输入/输出接口芯片，就可构成微型计算机。微型计算机发展极为迅速，从四位机、八位机、十六位机发展到三十二位机，微型机价格低、功能强、使用方便、用途极广泛，它标志着一个国家的计算机应用水平。微型机的崛起，被称为是电子计算机的“第二次革命”。第四代计算机中的巨型机，用于复杂度很高、运算量极大的领域，如航天器设计、卫星图象处理、经济信息预报等。巨型机标志

着一个国家的科技发达程度。

今天，电子计算机技术正朝着巨型机、微型机、网络、人工智能等方向迅猛发展着，人们正在奋力研制第五代计算机——智能计算机。计算机将在人类社会中发挥越来越重要的作用。

我国从1956年开始研制电子计算机，1959年制成大型电子管通用计算机，1965年研制成功几种型号的晶体管计算机，1971年以后研制成功“DJS100”系列、“DJS200”系列集成电路计算机，1983年，研制成功“银河”超大型计算机，每秒钟运行亿次。近年来我国微型计算机的发展也很迅速，生产了多种型号的微机，例如 BCM—3，紫金Ⅱ，中华学习机，长城系列，联想286……等等。

与此同时，我国计算机应用领域不断扩大，尤其是微型机的应用开发，微机从科学研究、大学教育等领域进入了广大家庭，以及中小学教育，社会服务与管理等领域，呈现出蒸蒸日上的景象。青少年学习必要的计算机知识有着深远的意义。

1.2 计算机的应用

电子计算机与一般的计算工具相比，有如下几个重要特点：

①计算机具有极高的运算速度。现代计算机每秒钟能运算几十万次到十几亿次，因此计算机的使用可为人类带来宝贵的时间财富。

②程序控制。计算机从开始工作到输出计算结果，全部过程都是在预先输入计算机的程序控制下自动进行，不必人工干预，这是计算机的主要特点。

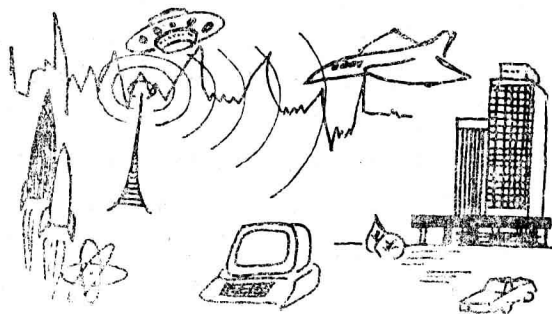
③计算精度高。电子计算机的计算结果精度极高，一般可达千分之几到百万分之几，而在理论上则可以满足任何精度的要求。

④具有“记忆”和逻辑判断能力。计算机能“记忆”（即存贮）数据和程序，存贮的数量称容量，计算机的容量可以很大。计算机除了能进行算术运算，还可以进行逻辑运算，如对两个数据进行判断比较，根据比较结果选择下一步的工作内容。有了“记忆”和逻辑判断能力，计算机就能根据程序自动地工作。

由于计算机有以上特点，所以在各个领域得到了极为广泛的应用。计算机的应用可归纳成以下几个方面：

①数值计算

数值计算又称科学计算，是使用电子计算机来解决科研工程实践中遇到的数值计算问题，这是电子计算机最基本的应用。有些数学计算问题，计算量很大，计算复杂，利用一般计算工具很难完成，而使用计算机则能在很短的时间里得出结果。例如天气预报的计算工作量就很大，人工计算一星期不能完成，使用计算机则只需几分钟就能完成。我们研制火箭、卫星、飞机、汽车，建筑桥梁、高楼，或者进行科学研究都离不开计算



机, 解决那些计算量惊人的数值计算问题。由于计算机运算速度快、计算精度高, 因此在数值计算方面, 计算机能充分发挥其优势。

②信息处理

信息处理又称数据处理, 是利用计算机对已得到的大量数据进行分析判断、加工处理、得到满足要求的新信息。信息处理一般数据量很大但所要求的计算简单, 而且往往要求时间性强、逻辑判断较多。例如大学教师的工资管理, 要求对当月的工资、奖金、补贴、预支等情况及时汇总、分类、结算、统计和制表, 如用人工处理要耗费很多人力, 还容易出错, 使用计算机就可以及其准确地加工处理, 最后得到反映教师当月实领工资的报表清单。再如对卫星拍摄的图象进行处理, 这样繁重的任务利用人工是不可想象的, 只有计算机才能胜任。信息处理的范围和内容十分广泛, 如企业经济管理、图书和资料管理、图像图形处理、语音文字处理等。

③计算机辅助设计和辅助教学

计算机辅助设计是利用计算机帮助设计人员设计出工程模型或得到设计参数。可以缩短设计周期、提高设计质量、降低成本。例如我们可以在计算机上设计出新型的飞机、汽车。目前计算机辅助设计广泛地应用于电子、机械、航空、造船、汽车、化工、建筑等部门, 国外许多企业把计算机辅助产品设计作为争夺和保持技术优势的主要手段。

计算机辅助教学是用计算机来辅助实现教学计划, 例如计算机可按不同要求提供不同程度的教学内容, 能测验学生的学习情况并自动评分, 或者用计算机模拟显示一些实际中难于观察到的实验过程, 加深学习的理解和认识。计算机辅助教学是现代化的教学方式, 能较好地提高教学质量, 有广阔前景。

另外计算机的辅助应用还有: 计算机辅助制造, 计算机辅助测试等。

④实时控制

实时控制又称过程控制。计算机每隔一定的时间间隔就对其监督控制对象如一台车床或一条生产流水线进行采样, 并马上对采样所获得的数据进行处理, 按最佳方式对监控对象进行自动控制, 这就是实时控制。现代化的工业生产流水线、机器人、无人驾驶的飞行器都利用计算机进行实时控制, 使工作自动进行, 及时避免事故或故障。生产过程的实时控制, 可以提高劳动生产率、解放劳动力、带来工业生产的巨大效益。

⑤人工智能

人工智能是让计算机系统模拟人类的某些智能, 如能听懂自然语言、能识别图象、有学习能力、能适应环境等, 从而不断提高计算机的智能水平, 协助人类完成更复杂的任务。例如专家系统、机器人、语言翻译等人工智能已取得显著成就。人工智能是当今计算机科学的一个新的发展方向, 目前这方面的研究尚属起步阶段, 人工智能的进展将把计算机应用提高到新的阶段。

第二节 计算机的组成和硬件、软件

电子计算机在现代社会中扮演着越来越重要的角色, 它能部分代替人的大脑工作, 如记忆、逻辑判断、科学计算、信息处理等, 被称作电脑, 计算机模仿人脑进行工作。

人在进行信息处理时，首先把眼、耳、鼻等感觉器官捕捉到的信息输入到人脑中，存贮在大脑的记忆细胞里，为信息的加工处理作好准备。人脑可以对这些信息进行加工处理，如判断分析、算术与逻辑运算等，处理完之后，再由大脑控制人的输出信息器官输出结果，如由声带发声用语音表达、手写或打字书面表达式、因此人进行信息处理时同时具有输入信息、存储信息、处理信息、输出信息以及监督控制信息传送处理这些功能。

模仿人脑工作的电子计算机具有和上述功能相类似的基本组成结构：输入／输出设备、存储器、运算器、控制器。



眼耳可以
输入信息
大脑可以
处理信息
嘴、手可以
输出信息

①输入／输出设备 输入设备相当于计算机的“感觉器官”，将原始数据、程序等信息转换成计算机能识别的电信号，并把它们传送给计算机的存储器。输入设备有键盘、磁盘机、磁带机、纸带输入机、卡片输入机、手写字符输入装置、语言输入装置等，最常用的输入设备是键盘。输出设备相当于计算机的“信息输出器官”它把计算机运算处理的结果输出给外界，输出设备有打印机、绘图仪、显示器、数模转换装置、纸带穿孔机、静电印刷机等，最常用的输出设备是显示器。总之，计算机是通过输入／输出设备与人类和外界设备来交换信息的，常见的输入／输出设备有：键盘、显示器、打印机、磁盘机等。

②存储器 存储器相当于计算机的“记忆细胞”，其功能是保存数据、程序，存储器里的内容可以保存也可以更新，就象录音机的磁带，能把记录的信息长久保存，也能通过录音来抹去原来的信息。存储器分为主存储器、辅存储器、可简称主存或内存、辅存或外存。

衡量一个存储器性能好坏的标准是存储器的存取速度和存储器容量。存取速度是指在存储器中存入或取出单位信息（如一个数据）所需要的时间，存储容量是指在存储器中总共所能存储的信息数量，存储器的容量常以K为单位，1K的存储量说明能存储1024个单位信息。存取速度愈快、存储容量愈大则存储器的性能愈好，存储器的存取速度愈快，计算机的运算速度就愈高，存储容量愈大，计算机所能处理的信息就可以愈多。

内存一般容量不大，但存取速度快，用来存放当前计算机正在执行的程序和要处理的数据或结果，内存与计算机的核心部件（运算器与控制器）可以直接交换信息。

内存由成千上万个存储单元组成，计算机中二进制形成的信息就相应地存放在每个

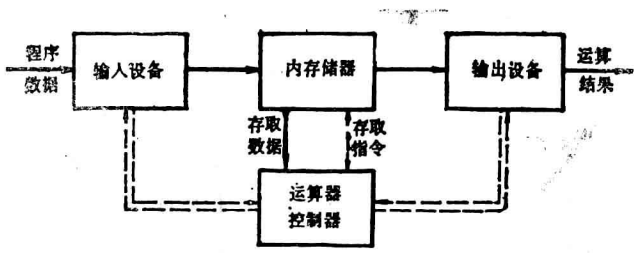
存储器单元中。一个单元能存放若干位二进制信息，称为一个“字”，字所包含的二进制的位数叫做计算机的“字长”，也就是说，一个存储单元只能存放一个字长的二进制代码。微型计算机的字长可以是4位、8位、16位、32位。为了正确地存取信息，必须给存储器的每个存储单元都编号，编号叫做该单元的地址，这就相当于一座大楼中每个房间都有门牌号一样。例如要从1000号存储单元中取出内容送到2000号存储单元中，如果1000号、2000号存储单元的初始内容分别是10、20，则计算机执行相应的指令后，1000号、2000号存储单元的内容就都是10了。内容的容量等于存储单元的个数，例如内存的容量是64K，就说明内存中有 $2^6 \times 2^{10}$ 个存储单元。

外存存取速度较慢，但存储容量很大，因此一般用来存放暂时不用的大量信息。外存可以和内存成批地进行信息交换，把内容中暂不再用的信息调出存放在外存中，或从外存中调入需要处理的数据或程序。如果把内存比作人脑的记忆功能区，那么外存可看成是存储着无数信息的图书馆。

③运算器 运算器是计算机中进行数据运算的部件，它运算速度极快而且运算精度高，运算器能进行算术运算和逻辑运算，故又称算术逻辑部件。微型机的运算器一般只能完成一些简单运算，如加、减法、移位、逻辑与逻辑或等，而复杂的运算则被分解成若干步简单的运算，由程序控制一步一步实现。在运算器中运算的数据取自存储器，运算结果也是送到存储器保存。运算器中一般有少量存储单元，称作寄存器，主要用来寄存运算中的中间结果，其存取速度比主存快得多，从而避免在主存中反复存取中间结果，提高运算速度。

④控制器 控制器相当于计算机的“神经中枢”，它指挥和协调计算机各部分的工作，保证信息的处理能按照程序中预先规定的步骤有条不紊的进行。其主要任务是：取指令，即从内存中顺序取出要执行的命令；分析指令，即分析指令规定的操作内容；执行指令，即根据操作内容，控制相应的部件完成任务。计算机工作时，所有的处理操作都是在控制器的控制下完成的。控制器通常与运算器做在同一块集成电路芯片上，称做中央处理器，记作CPU。

综上所述，输入/输出设备、存储器、运算器、控制器构成一台电子计算机的完整结构，见图1—1，其中实线代表数据流，虚线代表控制流，箭头表示信息流动方向



计算机结构示意图

图 1—1

上面介绍的运算器、控制器、存储器、输入/输出设备都是看得见、摸得着的，在计算机术语中称作硬件或硬设备。硬件是计算机处理信息的物质基础，计算机只有硬件不能完成任何工作，这就象没有受过计算机教育的人，写不出计算机程序一样，虽然已

具备硬件——人的头脑，但缺乏相应的知识。同样，计算机必须配备相应的软件才能完成相应的工作，软件是所有程序的统称，这些程序通常存放在磁盘、磁带上，或固定存放于内存。软件是计算机不可缺少的部分，相对硬件来说，它们是看不见、摸不着的，软件可分为系统软件（如汇编程序、编译程序、操作系统等）和应用软件（专门用于解决某些实际问题的程序）。

计算机的硬件和软件结合起来，成为一个统一体，就组成了计算机系统。

第三节 计算机工作原理

本节将介绍计算机中数据和指令的表达方式——二进制数和二进制编码，以及计算机完成一个程序处理的工作过程，本书不准备介绍计算机硬件基础即逻辑电路方面的知识。

3.1 计算机中的数

十进制数是人们常用的一种进位制数，它逢十进一，但十进制不是唯一的进位制。例如，时间的分、秒采用六十进制，逢六十进一，月的计数采用十二进制，逢十二进一，十二个月为一年。计算机硬件是由电子原件和电子线路构成的，运行时，计算机内部不断进行电流、电压的传送和变换，由于电子线路和元件很容易实现电路的断通、电位的高低两种状态，因此计算机采用二进制记数法，二进制数的每一位只能是1或0。

① 二进制数

二进制数每一位上只能是1或0两种数字，在二进制数中逢二进一，如 $1+1=10$ ，式中的“10”是一个二进制数，并不是十进制数中的十。为与十进制区别，可将二进制数11010、11111等写成 11010_2 、 11111_2 的形式，数的右下角标2表示该数是二进制数。

一个十进制数可以表示成十的各次幂的和，如 $20801=2 \times 10^4 + 0 \times 10^3 + 8 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 1 \times 10^0$ ，同样一个二进制数也可以表示成二的各次幂的和，如：

$$10_2 = 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

$$1101_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

二进制数同样可以进行四则运算，运算规则比十进制要简单得多，因此很适合用于计算机。例如

加法：

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 0$$

$$1 + 1 = 10$$

乘法

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

可见二进制加法、乘法基本规则都只有四条，而且很容易记忆。在二进制中进位和退位的规则是“逢二进一，退一当二”。例如

$$\begin{array}{r} 1101101 \\ + 1001110 \\ \hline 10111011 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1101101 \\ - 1001110 \\ \hline 11111 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ \times 101 \\ \hline 1011 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +1011 \\ \hline 110111 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 101 \\ 110 \overline{) 11110} \end{array}$$

所以

$$\begin{array}{r} 110 \\ \hline 110 \end{array}$$

$$1101101 + 1001110 = 10111011$$

$$1101101 - 1001110 = 11111$$

$$\begin{array}{r} 110 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$1011 \times 101 = 110111$$

$$11110 \div 110 = 101$$

②二进制编码

除了机器语言的程序本身就是用二进制数码写成的外，汇编语言和所有高级语言（包括BASIC语言）的程序都是用字符（字母、数字和各种符号）写成的，但在内存中程序必须用二进制数码来表示，即将字符用二进制数码编码来代替。ASCII码是最常用的二进制编码。

ASCII是美国标准信息交换代码的英文缩写。ASCII码用七位二进制数码来表示一个字符，总共可以表示128个字符，如字母A的ASCII码是1000001，附录一列出所有字符的ASCII码。

③十进制与二进制数间的转换

计算机的运算器采用二进制进行运算，而人类习惯于使用十进制数，因此计算前，计算机必须先把输入的十进制数转换成二进制数；而计算后，结果应从二进制数转换成十进制数输出，所以存在着二进制数和十进制数间的相互转换问题。

二进制数很容易转换成十进制数，只要把二进制数写成二的各次幂和的形式，再按十进制计算就可以得到十进制结果。例如

$$\begin{aligned} 1111_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 8 + 4 + 2 + 1 = 15_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 100111_2 &= 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 32 + 4 + 2 + 1 = 39_{10} \end{aligned}$$

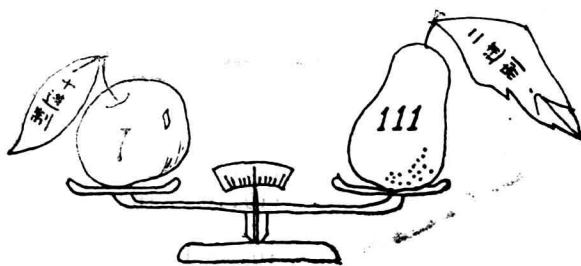
将十进制数转换成二进制数，可以先把十进制数化成二的各次幂的和，各次幂的系数只许是1或0，从最高次幂始各次幂的系数顺序排列起来就得到相应的二进制数。例如

$$\begin{aligned} 11_{10} &= 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1 \\ &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &\quad \begin{array}{cccc} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} \end{aligned}$$

$$\text{所以 } 11_{10} = 1011_2$$

将十进制数转换成二进制，还可以采用“除以2”的办法：先将十进制数连续除以2，记下每次除以2所得的余数 a_i ，直到商数为0。然后把每次得到的余数排列起来：

$$a_n \quad a_{n-1} \cdots a_1 \quad a_0$$



就得到相应的二进制数。例如

$$\begin{array}{rcl}
 2 \overline{) 11} & \text{余数} & \\
 2 \overline{) 5} & \dots\dots & a_0 = 1 \\
 2 \overline{) 2} & \dots\dots & a_1 = 1 \\
 2 \overline{) 1} & \dots\dots & a_2 = 0 \\
 0 & \dots\dots & a_3 = 1
 \end{array}$$

$$11_{10} = 1011_2$$

④二进制数与十六进制数的转换

当数字比较大时，用二进制写起来就特别长，难记又易出错，因此常用十六进制来书写。

十六进制是计算机中常用的一种数据，十六进制的十六个数字符号是：0 ~ 9，A，B，C，D，E，F，其中，A，B，C，D，E，F分别表示十进制数10，11，12，13，14，15十六进制逢十六进一，如 $1 + F = 10_{16} = 16_{10}$ 。

十六进制数可以写成16的各次幂的和，并能得到相应的十进制数。例如

$$\begin{aligned}
 1EB_{16} &= 1 \times 16^2 + E \times 16^1 + B \times 16^0 \\
 &= 1 \times 256 + 14 \times 16 + 11
 \end{aligned}$$

$$\text{所以 } 1EB_{16} = 491_{10}$$

因为 $2^4 = 16$ ，所以四位二进制数的16种组合0000，0001，0010，0011，0100，0101，0110，0111，1000，1001，1010，1011，1100，1101，1110，1111分别对应着十六进制数0 ~ 9，A，B，C，D，E，F，即四位二进制数相当于一位十六进制数。因此，将十六进制数转换成二进制数时，只要将每位数字用四位二进制数字来表示；将二进制数转换成十六进制数，只要从最右一位开始将每四位二进制数字用相应的一位十六进制数来代替，如果二进制不够四位，就在左边用0补齐，再进行转换。例如

十六进制数转换成二进制数：

$$5AB8 = 101101010111000$$

$$\begin{array}{cccc}
 \underbrace{5}_{101} & \underbrace{A}_{1010} & \underbrace{B}_{1011} & \underbrace{8}_{1000}
 \end{array}$$

二进制数转换成十六进制数：

$$10001011100000 = 22EO$$

$\underbrace{0010}_2$
 $\underbrace{0010}_2$
 $\underbrace{1110}_E$
 $\underbrace{0000}_O$

十进制数可由“除以16取余数”法转换成十六进制数，也可以先转换成二进制数，再由二进制数转换成十六进制数。十六进制数可写成16的各次幂和形式转换成十进制数，也可以通过二进制数间接转换成十进制数。

表 1—1 十进制数、二进制数和十六进制数的对照表

八进制数	对应 二进制数	十六进制数	对应 二进制数
0	000	0	0000
1	001	1	0001
2	010	2	0010
3	011	3	0011
4	100	4	0100
5	101	5	0101
6	110	6	0110
7	111	7	0111
		8	1000
		9	1001
		A (10)	1010
		B (11)	1011
		C (12)	1100
		D (13)	1101
		E (14)	1110
		F (15)	1111

3.2 计算机的工作过程

我们已经知道，计算机是在控制器的控制下自动进行工作的，控制器根据内存中的程序进行控制。运算器只能完成一些简单基本的运算。使用计算机解一些复杂的问题，必须先把问题分解成运算器能进行的一步简单运算，编成详细可行的计算步骤，下面我们以计算 $3 \times 2 + 8$ 为例说明计算机工作过程。

首先将上面的计算 $3 \times 2 + 8$ 转化成下列基本操作步骤：

从内存中取数据 3 送到运算器中

从内存中取数据 2，进行乘法运算，结果寄存于运算器

从内存中取数据 8，并与运算器中的中间结果 6 进行加法运算，结果存于运算器中

把结果 14 送到内存中

把内存中存放的结果 14 通过输出设备输出上面每个步骤，就是对计算机的一条操作命令，让计算机完成相应的任务。这种能让计算机完成不同操作的命令叫做计算机的指令。求解某个问题的指令的有序集合叫做程序。

程序编好后，首先要向计算机中输入程序，通过输入设备把程序和数据送到计算机的内存中存放。程序输入后可以通过输入设备向计算机发出执行程序的命令，于是在控制器的控制下，计算机便按照程序自动地进行运算处理。计算机工作时，控制器从内存

里取出一条指令，分析指令内容，然后执行完成指令中所规定的操作。执行完一条指令后，再从内存中取下一条指令，再分析指令，执行指令。这样重复下去直到执行完程序中的所有指令。在计算机中，程序中的指令、数据都是以二进制数的形式存于内存中，计算机能判断并分析它们，完成指令要求的操作。

第四节 计算机的语言

日常生活中，人们相互间交流思想离不开语言，作曲家写乐谱离不开音乐语言 1，2，3，4，5，6，7。同样，计算机要明白人类给它的命令进行操作，也得要有相应的计算机语言。

我们已经知道，计算机是在控制器的控制下，按照计算机程序中规定好的操作顺序进行工作的，而程序是以二进制数码的形式存放于计算机内存中。由于在计算机内部，程序的每条指令都对应着一个二进制数，计算机可以根据这个二进制数中数字“0”和“1”排列组合的不同情形来执行不同的操作；因此，我们可以直接用二进制数形式表示的指令来编写程序。这种用二进制指令编写的程序叫做机器语言程序，程序中的二进制指令称做机器指令，显然计算机可以直接识别由指令编写的程序。所谓机器语言就是机器指令的集合，不同型号的计算机一般有各自不同的机器语言。机器语言程序是由 0 和 1 组成的，例如下面程序段：

```
00111110
00010000
11000110
00100011
.....
```

可见用机器语言编程序是十分困难的，程序中指令的代码直观性差、非常容易出错，程序的输入、理解、调试和修改都比较困难，而且，不同型号计算机的机器语言是不一样的，因此通用性不好，因此人们首先使用便于记忆的英文字母、数字等符号来代替二进制指令，设计出汇编语言。

汇编语言是与机器语言完全对应的，一条汇编指令对应着一条机器指令，例如上面的程序段中写出了两条机器指令，翻译成汇编语言就是：

```
LD A, 16
ADD A, 35
```

意思是先给变量A赋值16，然后再加上35。

由于汇编指令采用英文单词或者单词的缩写形式，因而汇编语言程序就比机器语言易于阅读和书写。但是计算机并不能直接识别和执行汇编指令，需要有一个“翻译员”，将汇编语言程序翻译成计算机能直接执行的机器语言程序，这个“翻译员”就是人们为汇编语言程序设计的汇编程序，汇编程序自动地把每一条汇编指令翻译成机器指

.....

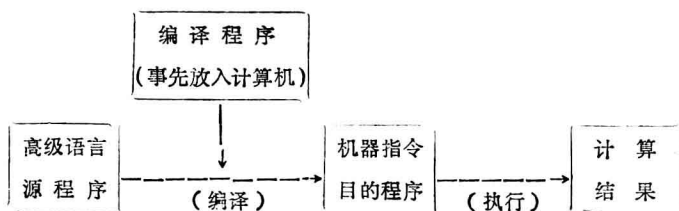
令。由于汇编指令是和机器指令一一对应的，因此编写程序仍然很复杂麻烦。因此人们又设计出更便于使用的高级语言。

.....

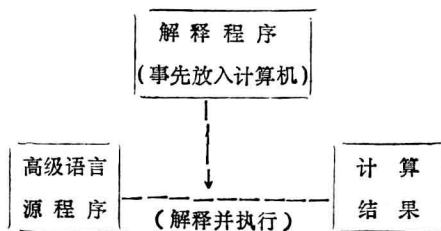
高级语言由语句组成，这些语句用简单的英语单词、数学式子来表达意思。各种高级语言都规定了相应的词法、句法和语法，很接近自然语言，因此阅读、书写、调试、修改程序都非常方便。例如在BASIC语言中，要想得到 $\sin(\pi/3)/\cos(\pi/4)$ 的结果，只要在程序中写出语言PRINT $\sin(3.14159/3)/\cos(3.14159/4)$ 即可，计算机将计算并打印出结果值。同样，用高级语言编写的程序也需要翻译成计算机能识别的机器语言程序，“翻译员”可以是编译程序或解释程序。编译程序把整个高

.....

级语言程序翻译成机器语言程序，并检查源程序有没有语法等等方面的错误；解释程序则把高级语言程序中语言逐条地翻译成相等价的机器语言代码，翻译完一条语句后马上执行相应的操作。显然，由于编译程序是在执行程序前把整个源程序翻译成机器语言程序，需要执行程序时就直接执行已经翻译好了的机器语言程序，而解释程序是边翻译边执行程序，可见用解释程序的方法要比编译程序的方法慢许多；但由于解释程序的方法不产生机器语言程序，所以这种方法占计算机的内存较少。



编译执行方式



解释执行方法

在高级语言中，BASIC语言一般采用解释执行方法，FORTRAN、PASCAL、COBOL、C等高级语言则采用编译执行方法。

习 题

1. 简述计算机的发展过程、计算机的应用领域、计算机系统的组成、计算机工作过程和计算机语言的发展。

2. 计算机的特点是什么？什么叫计算机程序，计算机怎样执行BASIC程序？

3 ①将下列十进制数换算成二进制数和十六进制数

67 94 310 15

②将下列二进制数换算成十进制数和十六进制数

11 1101 1100011 11111111

③将下列十六进制数换算成二进制数和十进制数