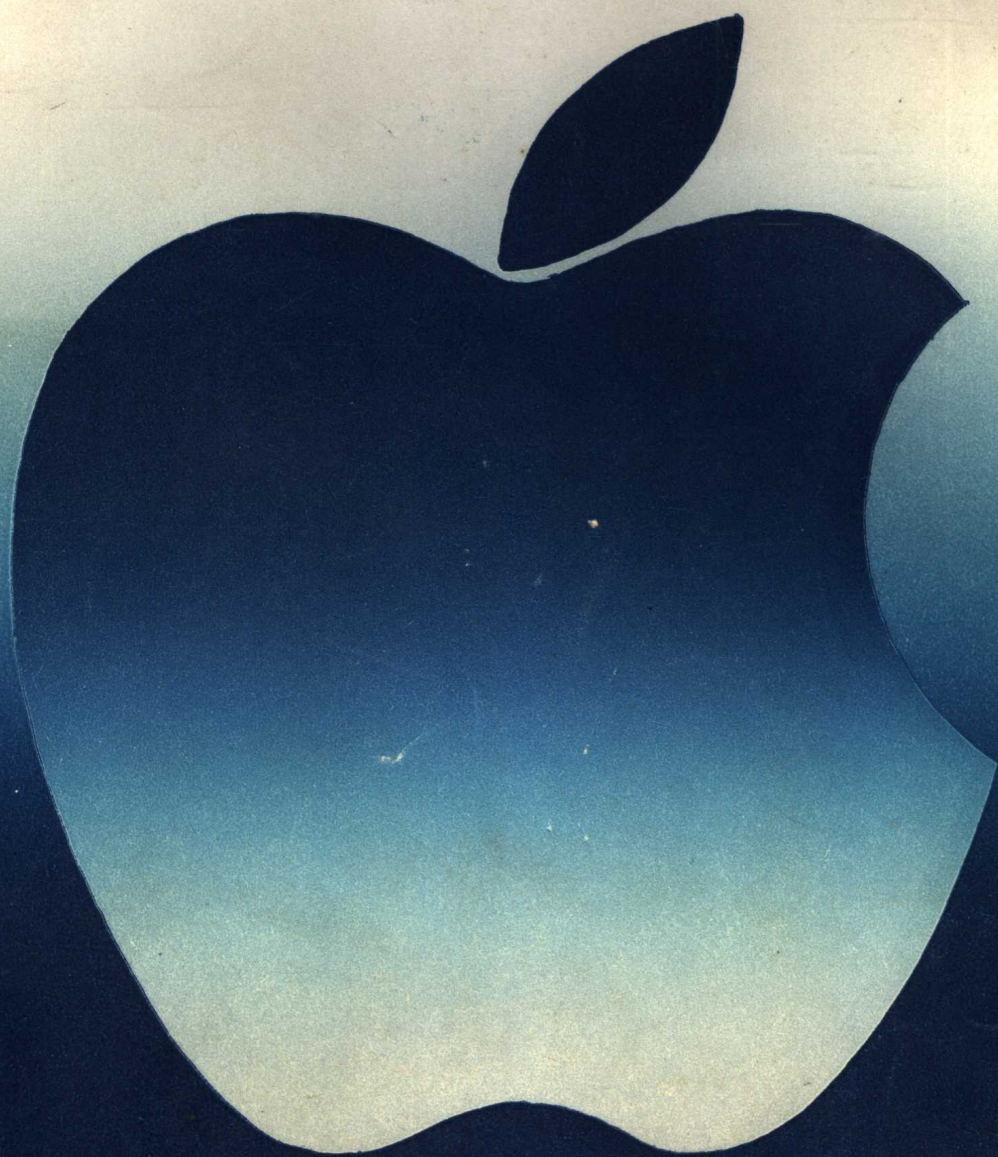


● MICRO NAOSHUYONG JIAOCHENG



APPLE II

微电脑 实用教程

福建科学技术出版社

6
8

TP36
L618

APPLE II 微电脑实用教程

林木森 孙百秋 郭友朋

福建科学技术出版社
1986年·福州

内 容 简 介

本书以APPLE—Ⅱ微型机为主,介绍BASIC语言的编程与APPLE—Ⅱ的上机操作及其使用技术。内容通俗易懂,叙述深入浅出。书中例题、习题,量多面广,实用性强;书后附有习题解答。

本书作为短期培训班、进修班、职工学校、中学、中专和非计算机专业的大专院校的教材和教学参考书,亦可供具有高中以上文化程度的读者自学微型机技术的参考资料。

APPLE Ⅱ 微电脑实用教程

林木森 孙百秋 郭友朋

•

福建科学技术出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 12印张 278千字

1986年8月第1版

1986年8月第1次印刷

印数: 1—2,400

书号: 15211·82

定价: 2.25元

序

在科学技术飞跃发展的今天,电子计算机技术的广泛应用已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。在新技术革命浪潮的推动下,我国计算机技术的开发和应用,已成为实现“四化”宏伟目标的重要决策之一。

根据1984年2月在南京召开的《全国微型机培训教材讨论会》,所拟订的关于APPLE—Ⅱ(紫金—Ⅱ)初级培训教材大纲的精神,我们接受“中国计算机技术服务公司”培训部的委托,编写了这本试用教材,以适应计算机事业的蓬勃发展,特别是当前大力普及推广微型机应用的需要。

本书根据我们在福州市举办数期《微电脑应用讲习班》的基础上编写的。因此,充分考虑到短期培训班及初学者的特点,力求通俗易懂,深入浅出。针对APPLE—Ⅱ微型机系统,介绍了BASIC语言,培养读者编写程序、上机操作和使用微型机的能力,为各行各业的技术人员掌握微型机应用技术打下良好的基础。

本书共分九章。前二章介绍计算机的概况和一般知识;第三章简要介绍APPLE—Ⅱ系统;第四章至第六章介绍APPLE—Ⅱ BASIC程序语句与字符串函数;第七章、第八章APPLE—Ⅱ系统的操作与使用;第九章说明如何编制BASIC程序。

由于本书例题较多,大多数章后附有习题(第五章的习题并有解答),而使读者掌握编写程序的方法和技巧,所以本书除适用于短期讲习班、培训班、在职科技人员进修班及各类职工学校等作为微型机基础培训教材外,亦可作为具有高中以上文化程度的读者,自学微型机技术的参考资料。

中国计算机技术服务公司培训部王亚民同志参加了本书的部分章节的编写工作,王秉湖同志审阅了全书。同时,他俩对本书还提出了许多宝贵的意见,谨此一并表示衷心感谢。

限于水平,时间匆促,书中错误在所难免,敬请试用本书的教师、学员和广大读者批评指正。

编 者

一九八四年十月于福州

前 言

人们越来越感到，我们即将进入一个信息处理革命的时代。这个时代的一个重要特点，就是人们的一切活动：政治经济、科学技术、商业服务、工业管理等等，无不与信息的搜集、保存、分类、检索与传送息息相关。微型计算机正是这场革命的先锋。

在微型计算机家族中，APPLE II是一支年青的新秀。虽然它在1977年才问世，但很快赢得盛名。这是与APPLE II机具有独自的特点和风格分不开的。它结构简单而新颖，价格便宜，性能比较好，配有标准接口可与各种外围设备进行联机，特别是它具有较强的图形处理功能及较完整的软件配备。它在科学计算、事务处理、商业管理、数据库、图象处理、连网通讯、汉字及多种文字处理、语言合成与识别、医疗诊断、工业控制、学校教育、家庭游戏等方面得到了十分广泛的应用。

当前，我国引进、生产和推广应用微型计算机，与APPLE II兼容的紫金II微型机已成为一个主要产品，与此同时，还有0330机、福桔II机等等。这些机器，都有专门的定点生产厂，有专门的扩充件生产厂，有专门的服务机构和应用开发机构等等。通过几年来的应用实践，紫金II和APPLE II机，在我国小型的事务处理、企业管理方面，在一般性的应用领域，尤其是在学校计算机教学用机方面，是一个可以选择的较好机种。

本书目的，就在于向这些准备和已经选用APPLE II机的各行各业使用人员、广大青少年读者以及计算机爱好者，介绍APPLE II机的基本知识和基本使用技术，并使其掌握在APPLE II机上的BASIC编程能力。

由于本书例题、习题较多，并附有习题解答，所以，它既可以作为一本微型计算机知识的普及读物，又可以作为微型计算机应用的初级教材。只要读者经过一段时间学习及上机操作，即可无师自通。

王亚民

一九八四年十一月于北京

目 录

序

前言

第一章 基本概念简述.....	(1)
习题一.....	(11)
第二章 微型计算机的发展.....	(12)
第三章 APPLE II 系统介绍	(19)
习题三.....	(29)
第四章 APPLE BASIC 语言.....	(30)
习题四.....	(39)
第五章 BASIC 程序语句.....	(41)
习题五 (附解答)	(95)
第六章 字符串函数及其应用.....	(103)
习题六 (附解答)	(110)
第七章 上机操作和编辑技术.....	(111)
第八章 打印机和磁盘驱动器的操作使用.....	(119)
第九章 如何编制 BASIC 程序.....	(136)
附录A APPLE II BASIC 语句、命令和函数.....	(173)
附录B APPLE SOFT 保留字.....	(179)
附录C APPLE SOFT 错误信息.....	(180)
附录D ASCII 字 码.....	(181)

第一章 基本概念简述

§ 1.1 计算机与新的技术革命

世界正经历着一场新的技术革命。我们正面临着一场新的挑战。这场新的技术革命，是以电子计算机特别是以微型计算机的发展和普遍应用为主要标志的。

电子计算机技术是技术革命中发展最迅速的领航技术。电子计算机工业将是信息化社会的支柱工业和物质基础，它将为人类提供最新的生产力。周总理早在1956年就提出：“由于电子学和其他科学技术的进步，而产生了自动控制机械，已经可以开始有条件地代替一部分特定的脑力劳动，就像其他机器代替体力劳动一样，从而大大提高了自动化技术水平。这些最新的成就，使人类面临着一个新的科学技术和工业革命的前夕。”这个革命就它的意义来说，远远超过了蒸汽机和电的出现而产生的工业革命。若把显微镜、望远镜、雷达比作人的眼睛的延长，把起重机比作人的手臂的延长，那么电子计算机就可以看作是人的大脑的延伸。

由于计算机能模拟人的感官、思维，能把人们从大量的、繁重的、较有规律的劳动中解放出来，还可以从事逻辑判断等高级思维活动，更可以超越人体机能的限制，去完成一般靠时间、精力所达不到的工作。因而提供给人人类一种崭新的生产手段及有效的科学实验和组织管理办法，使生产自动化水平和劳动生产率得到极大提高。

世界上第一台电子计算机是在第二次世界大战快结束时开始研制的。在1945年底研制成功，1946年开始使用。这台电子计算机名叫“埃尼阿克”（ENIAC，电子数字积分计算机）。

“埃尼阿克”结构庞大，共用了18000多只电子管，重约30吨，机房面积170平方米，耗电功率150瓩，每秒钟只能作5000次加法运算，比手摇计算机和人工计算都快得多，但它存在缺点，主要是可靠性差、稳定时间短、无存贮装置，计算过程仅靠单线路连接方式实现等。尽管如此，“埃尼阿克”终究是计算机发展史上的转折点。美国数学家冯·诺依曼在此基础上根本改进，采用了二进制数，设计了存贮器，有了逻辑结构的设计思想，随后电子计算机就如雨后春笋般地出现了。冯·诺依曼是现代计算机科学的奠基人。

“埃尼阿克”适应了当时科学技术的发展需要，又给科学研究和工程技术带来新的活力，推动了科学技术的发展，引起了科学界的重视。到1949年初，英美一些著名大学，研究单位和大公司都在研制存贮程序的计算机。

从“埃尼阿克”诞生至今只不过经历了四十年的时间，计算机技术发展异常迅速，平均每五至八年更新换代一次——运算速度提高十倍，可靠性提高十倍，体积缩小到1/10，成本降低到1/10。其间大致经历了四代的变迁：

第一代：从四十年代后半期到五十年代中期，是电子管时期，计算机系统已经形成。这一代计算机主要用于科学计算，可称科学计算时代。对热核武器、核潜艇、洲际导弹、喷气

式飞机等的研制作出了重要的贡献。

第二代：从五十年代中期到六十年代前半期，是晶体管时期，系列机已经发展。计算机的应用重点开始从科技领域转向经济管理领域，用来进行数据及信息处理的计算机的数量也大大超过了用于科学计算的计算机台数，可称数据处理时代。这就使计算机不仅是科学实验的有力工具，而且逐步成为经济生活中不可缺少的协助者，越加显示出了它的巨大生命力。

第三代：是从六十年代后半期到七十年代前半期，是集成电路时期。软件工程开始发展，主要用于信息处理，已进入信息处理时代。

集成电路是在面积约为 5×5 平方毫米的硅基片上采用精微工艺技术集成数目极多的由三极管和二极管等元件构成的具有完整功能的电路。通常大、中、小规模集成电路的划分如下表：

集成 规模 结构 形式	小 规 模	中 规 模	大 规 模	超 大 规 模	极 大 规 模
	SSI	MSI	LSI	VLSI	ULSI
双极数字电路 (门/片)	小于10	大于10	大于100	大于1000	大于10000
双极线性电路 (元件/片)	小于50	50~100	大于100	大于1000	大于10000
MOS数字电路 (元件/片)	小于100	大于100	大于1000	大于10000	大于100000
MOS存储器 (位/片)	小于1K	大于1K	大于4K	大于16K	大于64K

集成电路的使用和集成度的提高，使得计算机又飞速向前推进一步，大大提高了计算机的功能，缩小了体积，降低了成本，加上外部设备开始有了图象显示和终端设备，方便了人机之间的联系。于是计算机进一步普及，其应用的范围更加广泛。在这一代的后期，小型计算机占了主要的地位。

第四代：从七十年代后半期开始，是大规模集成电路时期。由于大规模集成电路集成度很高，这使得制造高性能、低价格的微型计算机（简称微型机）成为可能。微型机体积小，价格低廉，操作简单的特点，使它得到迅速的发展，带来了计算机的大普及。于是，计算机进一步走向生产过程自动化的领域，计算机网络和人工智能开始发展，走向国民经济和社会生活的各个领域。国外微型机已进入家庭，它与其它家用电器相结合，为人们日常生活服务。微型机的广泛应用预示了人类走向信息化社会的美妙前景。

现在计算机正向第五代发展，第五代究竟是什么样子，存在种种设想和展望，智能型、超巨型、多处理机系统等等都是猜测。因此，专家说：“第五代计算机究竟是什么样子，大概只有它问世后才知道。”但总的发展趋势大体可概括为四个字：“巨（巨型机）、微（微型机）、网（联成网络）、智（人工智能模拟）”。

随着计算机系统功能的不断提高，应用日益广泛，特别是近年来由于微型计算机的迅速发展，计算机的应用已经渗透到社会生产和生活的各个方面。实践证明，电子计算机同科学技术现代化的关系极为密切，并有力地推动现代化科学技术的发展。一些著名的科学家甚至

认为,现代尖端科学技术的发展,是建立在电子计算机的基础上的。随着计算技术的发展,电子计算机和许多基础科学相结合,出现了一系列新兴的边缘科学,象计算数学、计算物理学、计算化学、计算天文学、计算地学、计算生物学、计算力学等等。而这些新兴学科的产生有可能导致更多的科学技术的新飞跃、新突破。

当前,我们已进入了一个信息时代。这一时代的特点是信息工业已成为一项产业。人们的一切活动:政治经济、科学技术、商业、工业管理等等,都无不与信息的搜集、保存、分类、检索与传递息息相关。在某些场合,信息的处理速度主宰着事件的成败得失。

从七十年代开始,出现了人工智能电脑,从此把信息革命推向高峰。它使工业、企业、实验室、办公室、行政部门、科研工作和家庭等社会的各个领域实现信息化(微处理机化),以智能机器人代替人的劳动和部分思维。

在新的技术革命中将发展情报信息业(包括电子计算机检索、软件设计、缩微处理、声象情报、情报研究、复制、咨询服务等)、电子计算机工业、智能机器人工业、生物工程工业、新能源工业、新材料工业,航天工业,光电子工业等新兴产业,形成第一产业(农业),第二产业(工业),第三产业(商业、服务业)和第四产业(情报、信息、知识业)的产业结构,把电子化时代推进到信息化时代,把社会经济从工业发达社会推进到信息化社会。

§ 1.2 发展我国的计算机事业,加速实现四个现代化

1956年,在周总理亲自指导下,我国制定了12年科学技术发展规划。周总理经毛主席同意决定,选择原子能、航天、半导体、电子计算机、电子学及自动化技术为国家重点。这样,我国的计算机事业就以很短的时间从无到有、从小到大地发展起来了。

我国的第一台电子计算机是1958年诞生的,到1964年,共研制生产第一代电子管计算机40余台。1965年研制成功了第二代晶体管计算机,共十个品种,生产了200余台。1970年研制成功第三代集成电路计算机,同时着手建立计算机工业。1974年,提出了系列化、标准化、通用化的方针和发展微型机及汉字信息处理技术的决策。到1981年,共生产了中、小型系列机3400余台,微型系列机5000余台。近年来,由于国际上计算机产品不断更新,售价不断下降,在开放条件下,引进了一批计算机生产技术和产品,特别是微型机。我国自己研制的三代半机器已经成功,第四代机器很快就可以出来。

现在,计算机技术在新的技术革命和现代化建设中的重要地位和作用,已被越来越多的人所认识。党和国家十分重视它的发展。自从1983年10月9日,赵总理作了“关于要注意世界新的技术革命和我国对策的研究的讲话以后,各地区、各部门对计算机特别是微型机的应用,积极性大大提高,出现了一个空前有利于计算机工业和计算机应用事业及信息业发展的大好形势。

在这种大好形势下,为了能使计算机为实现党的十二大提出的本世纪末经济建设总的奋斗目标服务,为国民经济和国防战略重点建设服务,为传统产业的技术改造服务,要把电子计算机列为发展电子工业的战略重点之一,把微型机作为一个突破口。

1990年前,计算机科研、开发、生产、应用的主要方面是:使用计算机、特别是微型计算机实现生产过程控制、工程设计、经济管理和机电仪表产品数字化;保证国防重点工程和武器配套,加速国防装备的更新换代;建立各级经济信息系统;为各级机关提供办公用现代

化工具。

1990年前, 计算机应用要实现: 大型企业、高等院校等基本普及; 中型企业、科研单位、中专学校、仓储运输机构、经济管理机关等重点普及; 小型企业、中学、商业管理机构、旅馆服务业等部分装备; 村镇企业、小学、商业收购、批发及零售单位等进行应用试点或部分装备。

我国的计算机事业定会有一个更大的发展, 定会在实现伟大宏图中发挥越来越大的作用。

§ 1.3 电子计算机的基本概念

一、什么是电子计算机

电子计算机是二十世纪科学技术的卓越成就之一。它的诞生和发展来自人类的生产实践, 是由人们对最原始和简单的计算工具, 经过不断的改进、创造和发明之后, 随着科学技术和文化的发展, 应运而诞生的。它不同于算盘、计算尺、手摇计算机或计算器等其他计算工具, 它是一种现代化的信息处理工具。电子计算机(下称计算机)的“计算”是指“处理”之意, 也包含了数值计算和非数值计算。能对各种数据、文字、语言、符号、图象、声音等复杂的信息进行输入输出、传输、记忆存取、统计分析、判断选择、整理分类、运算显示等。更可观的是它能按照人们事先编排好的处理问题的步骤(即程序), 自动、高速、有条不紊、精确可靠地连续工作。因而常把它称为“电脑”, 成为当代新的技术革命的“先锋”, 有力地促进了新的技术革命。

二、计算机的基本部件

计算机的基本功能是对信息(或数据)进行自动处理。它对于输入的信息自动进行存储、转换、加工, 然后输出加工后的信息。所以, 计算机也可以称作是信息处理机。

一个计算机系统, 包括硬件系统和软件系统两部分。

为了更好地理解计算机的组成、各部分的功能及其相互联系, 我们先从利用算盘进行算题的例子谈起:

例如: 某机关有10个科室, 每个科室平均有26人。现有13筐苹果, 每筐重60斤, 若全机关人员平均分配, 每人可分几斤?

其计算步骤如下:

(1) 先用笔把26、60、13和10四个数字记在纸上。

(2) 再根据问题列出算式

$$(13 \times 60) + (10 \times 26) = ?$$

(3) 用算盘按运算法则确定计算步骤: 先算 10×26 并把结果260记在纸上。然后再计算 13×60 , 把结果780记在纸上。最后将780除以260得出结果3来。

(4) 把结果3记到纸上, 完成了算题, 让别人看到结果值。

从上看, 完成一次算题必须具有:

(1) 运算用的工具——算盘。(2) 靠人的眼、手、笔将数据打到算盘上并把结果记录下来。(3) 要有存放题目、数据和结果的纸。(4) 要有人的大脑控制和支配手、笔、眼进行各种动作, 并有条不紊地计算和记录。(5) 要有运算的算式、运算法则并确定算题步骤等。

这样，我们不难理解，计算机要能成功地连续完成一道题目的计算，必须具备有：

- (1) 如同算盘这样做加、减、乘、除运算的运算器。
- (2) 如同人的手、眼、笔这样接受题目，抄出结果的输入、输出设备。
- (3) 如同纸张那样能记录计算步骤和数据的存贮设备。
- (4) 如同人脑那样能指挥上述四种设备协调动作的控制设备。
- (5) 要有计算机能理解接受的“语言”、“文字”，用来描述算式、计算步骤及对结果（包括中间结果）的处理要求，等等。

人们要使用计算机，就必须针对需要解决的问题，确定合适的算法、数据、步骤等，再用计算机系统所能接受和识别的“语言”来描述，这就需要编制或设计程序和文件。所谓软件就是这些程序和文件的总称。计算机的软件系统包括系统软件和应用软件。系统软件是用于计算机的管理、维护、控制和运行，以及计算机程序的翻译、装入、编辑、控制和运行的程序。包括有操作系统、语言编译系统和常用服务程序等。而应用软件指的是为方便某种应用，解决某种问题所必需的各种程序、应用程序包和面向问题的程序设计语言等。

所谓计算机硬件系统，指的是计算机上可见到、摸到的机械和电子设备等各种不同功能的部件组成了计算机的硬件系统。

无论计算机结构如何复杂，它主要由输入设备、输出设备、运算器、控制器、存贮器五大功能部件组成。见图1—1。它们的主要功能如下：

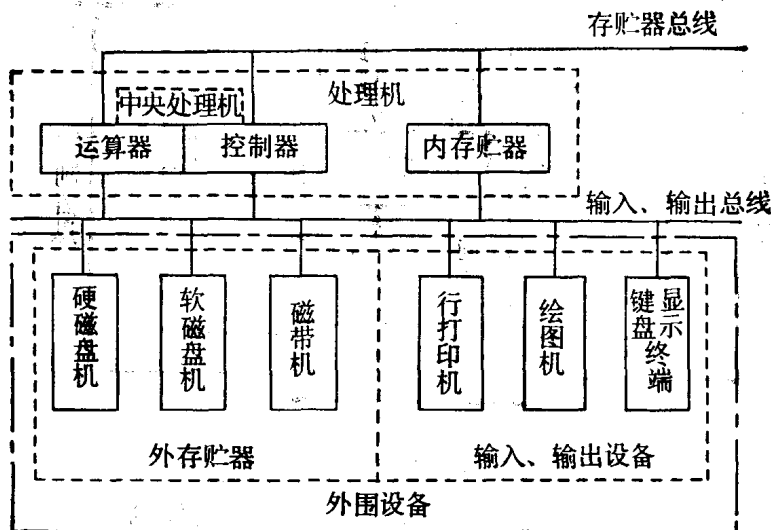


图1—1 计算机基本硬件组成框图

(1) 运算器：主要含有算术运算和逻辑运算部件（ALU），能自动地进行加、减、乘、除等各种算术运算和逻辑乘、比较、移位等逻辑运算。

(2) 存贮器：通常采用磁芯或半导体构成存贮体，它能够记存以数的形式表示的信息。这些信息表示的可以是运算步骤（程序），也可以是原始数据、中间结果或运算的最后结果。存贮器分为内、外存贮器两种。存贮器庞如一座大旅馆，由若干数量的存放数据的单元组成，如同旅馆设有许多的房间，每个单元按一定的规则编了号，称为地址，就象旅馆房间都

编上号码一样。对每个单元所存的内容（程序或数据）的存入和取出都是按地址对号进行的。内存贮器直接和运算器配合工作，既可存放当前运行的程序，又可存放原始数据和计算时的中间结果，最后结果，其存取速度非常快。内存贮器容量越大越好，但不可能无限大，如：APPLE I 微型机只有48K或64K个字节*。外存贮器一般不直接参与计算机内部的运算和记录运算的中间结果，但容量相当大，不过其存取速度较慢。一般的外存贮器是指磁盘，磁带等设备。

(3) 控制器：它是全机的控制中心，控制其它四个功能部件，按照人们事先编制好的计算步骤（程序），协调运算器、存贮器、输入设备，输出设备的动作，自动完成计算。计算机之所以能自动高速地进行运算，都是在它的控制下，根据程序的规定，一步步地完成的。

(4) 输入设备和输出设备：程序、数据通过输入设备送入存贮器，以便执行。程序执行的结果要由输出设备送出来通知人们。所以输入输出设备起着沟通人与机器使之可交换信息的作用。它们统称为外部设备（通常外部存贮器也包括在内）。常见的输入设备有键盘、磁带输入机、纸带输入机、磁盘机等；输出设备有打印机、CRT显示器、绘图机等。

我们把这五大功能部件之间的联系示于图1—2。

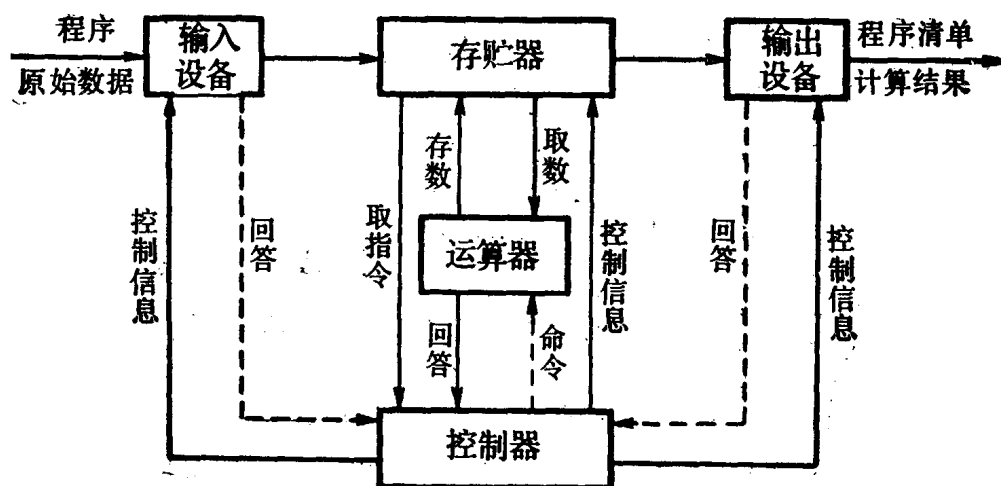


图1—2 计算机的组成部分及相互联系框图

运算器和控制器合在一起称中央处理机（CPU），它是按存贮器中的程序规定来完成各种算术和逻辑操作，数据的传递，直接进行信息处理的部件。

中央处理机加上内存贮器称之为计算机的主机。

主机加上外部设备便构成了一台计算机。但必须具有软件（程序），它才真正地成为有用的工具，即构成计算机系统。

此外，由图1—2中可见到各主要部件之间还有一组（或几组）连接各部件以传递数据、地址和控制信息的电信号线，这就是计算机的总线。

注：一般称一个8位二进制数为一个字节，它能表示的数的范围是0—255或—128—+127。能存贮若干个字节的存贮器，就称此存贮器的容量为若干个字节。

三、电子计算机的工作过程

计算机有了五个部件就可以算题了。现在，我们用计算机试算一道算术题，帮助理解计算机的工作过程。

$$(1+2) \times 3 - 4 = ?$$

按照计算规则：先算括号内的加法， $1+2=3$ ；接着算乘法， $3 \times 3=9$ ；最后算减法， $9-4=5$ 。这就是计算步骤。在计算机中规定每一步骤做什么，这就是指令。把这些指令按先后次序排好队，列出清单，就是程序。光有这几条指令还不够，还得有规定往存储器里送1、2、3、4这些数的指令，从存储器中取数的指令，以及打印结果的指令等。

计算机的工作过程就是先用输入设备把程序和数据送到存储器里，然后控制器就象总指挥一样，第一步指示存储器把“1”送到运算器；第二步把“2”送到运算器，指示运算器把“1”和“2”加起来，得到中间结果“3”；第三步运算器从存储器取出“3”，并与上面的“3”相乘，得结果“9”；第四步指示运算器从存储器取出“4”，并用上述得到的“9”减去“4”，结果等于“5”；最后一步把“5”送到输出设备上打印出来。这只是一道小学生的算术题，程序只有不多的几条指令，但是，如果是算一道复杂的科学技术方面的大题目，那就需要几万条甚至上千万条指令了。

四、微型计算机的基本概念

随着大规模集成电路工艺的发展，原来占满一个机柜的中央处理器（CPU）可以微缩在一片或几片大规模集成电路芯片上。通常把一片或几片芯片上集成具有CPU功能的大规模集成电路称为微处理器（Microprocessor），简称 μP 。而把以微处理器为核心，再加上由大规模集成电路实现的存储器、输入/输出接口及系统总线所组装成的计算机称为微型计算机（Microcomputer），简称 μC 。如图1—3所示。微型计算机加上系统软件、电源、输入输出外围设备及一些辅助电路，就组成了微型计算机系统（ μCS ）。

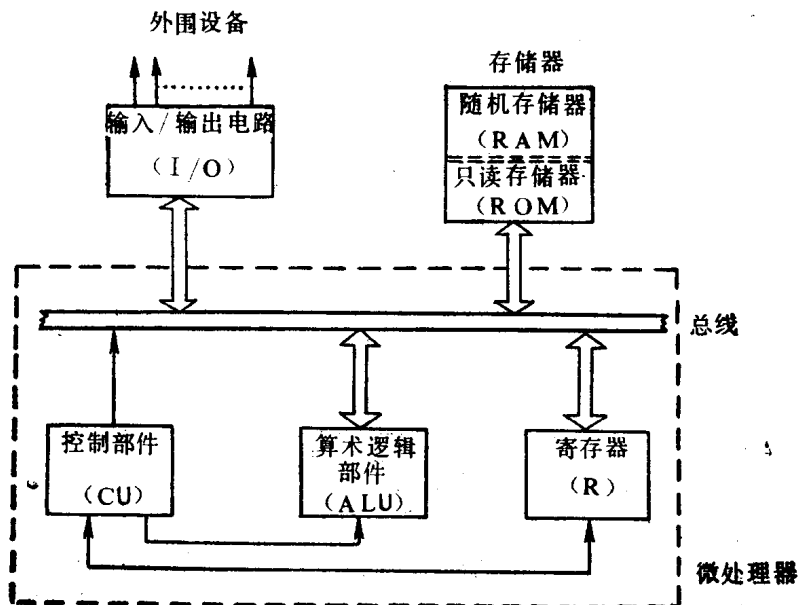


图1—3 微型计算机基本结构图

微型计算机的工作原理与任何计算机一样，只不过微型计算机的微处理器已成为系统中价格最低的部件。

算术逻辑部件的功能是完成各种算术运算（如加、减等）、逻辑运算（如逻辑“与”AND和逻辑“或”OR等）及移位等。

控制部件的功能是安排整个系统的操作次序，通过产生一定序列的控制信号，按指令统一指挥和控制计算机的各个部分。

每个微处理器中都有多个寄存器，用来存放操作数、中间结果及标志工作状态等各种信息。

存贮器有两种基本类型：一是能读能写的随机存取存贮器（RAM），还有只能读出不能写入的只读存贮器（ROM）。

输入输出电路用来与各种外围设备连接。

微型计算机中把各部分联系在一起的有数据总线、地址总线和控制总线。

数据总线用来传输数据（中央处理器与主存贮器、输入/输出设备，或主存贮器与输入/输出设备）；

地址总线用来传送地址（中央处理器至主存贮器、输入/输出设备）；

控制总线用来传输控制信号。

三种总线一起统称为系统总线。

在微型计算机中，把CPU、存贮器和输入/输出电路集成在一片硅片上的，叫做单片微型计算机；把这三者放在一块或多块印刷电路板上的微型计算机，称为单板或多板微型计算机。

§ 1.4 电子计算机的特点、主要技术指标和种类

一、电子计算机的特点

电子计算机有以下一些特点：

1. 运算速度快：一般计算机每秒钟能进行几万、几十万、几百万次甚至几亿次的操作或运算。一台每秒仅做20万次四则运算的计算机，其速度已是人工的20万倍，这种计算机一小时的计算量，用人工就得日夜不停地计算23年多。显然，那些每秒达百万次、千万次、上亿次的计算机，更是人工所望尘莫及的。

2. 计算精确可靠：计算尺的精度只有三位，机械计算机也只能达八位有效数字，而电子计算机的精度却取决于人们计算时的要求，一般都在4至16位以上。另外，计算机可连续几小时、几个月不停地工作，只要机器不发生故障，就不会发生错误。所以高精度要求的许多尖端科学技术的计算，需要靠计算机来解决。

3. 具有“记忆”能力：它有一个能够大量记忆信息、数据、计算规则、工作顺序、解题步骤、计算的中间结果和最后结果等的装置——存贮器，并能大量、快速地根据需要进行存取和传送。

4. 高度自动化：能自动执行一系列操作或运算。人们可以把要解决的问题的方法、步骤和要求，编好程序存放在计算机的存贮器中。要运行时，只要按一下“命令”，它就会自动地去完成，并把结果存放起来或打印出来，其间，无须人们去过问。

5. 具有逻辑判断能力：能对多个信息、数据进行比较、判别和选择，也可以根据对上一步运算的结果进行判断，选择下一步操作或运算的内容。即它不但具有数值计算能力，还具有非数值计算的能力，因而有“思维”的能力，能模拟人的智能进行工作。

6. 通用性强：它的通用性是由数学公式的通用性，以及它的高速、精确、自动计算能力产生的。同样计算机，可根据不同的需要用在不同的场合，因而它的应用便随着人们的要求迅速扩展到国防、科技、工业、交通、商业、教育和服务行业等各个领域中去。

二、计算机的主要技术指标

评价一部计算机的优劣，涉及的因素很多。供一些通常在选择机型时必须考虑的技术指标，它包括硬件系统和软件支持两方面。

1. 字长：计算机的字长是指计算机一次可以处理的二进制数字位的数目。

计算机处理数据的速率与字长和速度有关。速度相同的两台机，如果一台计算机字长是另一台的两倍，则其处理数据的速率亦为另一台的两倍。另一方面字长越长的机器其计算的精度越高。

常见的 Z80 微机和 APPLE II 型微机是 8 位的，IBM-PC 是 16 位的。一般大型机的字长通常是 64 位以上。

字长也可以用“字节”为单位表示： $1(\text{字节}) = 8(\text{位})$

所以 APPLE II 型微机的字长，可以说是 8 (位)，也可以说是 1 (字节)。

位 (二进制位) 是信息的最小单位。

为了充分利用计算机的内部资源，有些计算机，字长是可变的。各功能部件的字长可以不同，有运算器字长、数据总线字长，地址总线字长，指令字长，数据字长……等。因此，在谈到字长时，要视具体所指的内容。

2. 存贮容量：存贮器可以存贮的二进制信息量叫做存贮容量。

计算机系统中，存贮器分两种：内存贮器和外存贮器 (磁盘、磁带等)。因此，讲存贮量，应指明是哪一种存贮器的容量。

存贮容量可以用：位数 (bit)、字节数 (byte)、字数 (word) 三种单位表示。一般常用字节数表示。

由于存贮容量的数值相当大，为了书写、认读方便，引入一个单位“k”。

$1k = 1024 (\text{字节})$

例如：APPLE II 的内存容量是 48k (可扩展到 64k)，其实际容量是 $48k = 48 \times 1024 = 49152 (\text{字节})$ 。

存贮容量决定了计算机能方便地处理的程序长度和数据量。如果程序和数据所需的存贮量超过了计算机的存贮器容量，就必须使用辅助存贮器 (如磁盘、磁带等)。而辅助存贮器的价格比较昂贵。并且比主存贮器速度慢得多。这样，处理一个大型程序所花的时间较长。

3. 运算速度：计算机进行计算的速度，叫做运算速度。

常用的表示方法有三种。它们分别从不同的角度进行计量，反映计算速度的快慢。

(1) 加法的计算速度：执行一次加法指令需要的时间，以微秒为单位表示；也可以表示为：单位时间内，能执行多少次加法运算，以万次/秒表示。

例如：原 DJS130 型计算机执行一条加法指令需要2微秒，而1秒=1000000微秒，所以，加法的计算速度是50万次/秒。

(2) 平均运算速度：计算时，除加法以外，还有乘法、除法，只考虑加法的计算速度，不能反映计算机的全面情况。因此，用加、乘、除等基本运算的速度平均值，作为计算机的运算速度。

(3) 数据处理率PDR(Processing Data Rate)：“每条指令所传送的平均位数”和“每秒机器能处理的指令条数(处理率)”的乘积。它是以每秒钟机器所能处理的“信息流”来衡量机器的运算速度。它的计算公式如下：

$$PDR = - \frac{A + 0.4B + 0.15C}{0.85X + 0.09Y + 0.06Z}$$

式中：

A——定点或浮点指令的位数

B——定点操作数的位数

C——浮点操作数的位数

X——定点加法的平均执行时间

Y——浮点加法的平均执行时间

Z——浮点乘法的平均执行时间

4. 外部设备配置：一台计算机配置的外部设备是否丰富，设备性能是否尽可能地发挥主机的固有能力和加速程序的研制都很重要。外设越丰富，应用范围越广。外设性能越佳，则主机的能力发挥得越充分，效率越高。但也要反对不顾客观实际需要，盲目配置。因为外设大多是很昂贵的。常用的外围设备有：纸带读入机，卡片读入机，终端键盘显示器，绘图仪，磁带机，磁盘机，打印机……等。

5. 可靠性：对机房环境的技术要求，例如，温度、湿度、灰尘密度、振动、冲击等等。在满足这些环境技术要求下，计算机无故障连续运行的时间，是衡量可靠性的一个综合指标。

6. 软件支援：这包括计算机可使用的高级语言种类、系统软件(如操作系统)编译程序和应用软件包。计算机可使用的高级语言越多、所开发的软件包越丰富，则其可适用的范围越广，能力也越强。这样可以避免花费大量的人力、物力去重复别人已经做过的事。使计算机尽快发挥经济效益。

除上述六项指标外，还有两项比较重要的专业化指标即通用寄存器个数和最大数据输入、输出速率。它们也决定了计算机解题的速度与能力。这里就不详细介绍了。

三、计算机的种类

1. 计算机按其工作原理，可以分为电子数字计算机、电子模拟计算机和混合式计算机三大类。电子数字计算机也叫电子数字通用计算机。它是用数字表示数值的大小和进行计算的计算装置与信息处理工具。电子模拟计算机是根据数学“相似”原理，用一套标准的电子线路按一定法则加以连接来模拟某些物理过程，因为物理过程中的各种变量均可用线路上某些点的电压或电流值等物理量来表示并进行模拟。混合式计算机具有以上两种共同的特性。

2. 电子计算机按结构规模来分，可以分为巨型机、大型机、小型机和微型机四大类。

巨型机：也称为超大型机。从硬件方面说，国际上通常以三个“一千万”来划线：一是每秒平均运算速度在一千万次以上；二是主存储器容量在一千万位以上；三是计算机系统价格在一千万美元以上。巨型机是一个庞大的计算机系统，它通常具有很强的处理能力，配备各种外围设备，有丰富和高效的软件系统，用来承担国防尖端技术、科学研究和国民经济领域的大型计算课题和信息处理任务。如美国1976年制成的克雷1号（CRA Y—I）计算机，就是一台主要用于科学计算的巨型机，其平均运算速度约为每秒8000万次。

大型机：通常内存容量为1兆至几千兆字，字长64位以上，速度很高（每秒约1000万次左右），性能高且能运行高级软件。

小型机：通常内存容量为1000字节至5百万字节之间，中等速度（每秒约几十万至几百万次），字长16、32、64位（可变），结构较大型机简单，多采用大块插件板，体积小，重量轻，操作容易。如PDP11/45型，国产DJS—130，DJS—140机都属于此类。

微型机：比小型机规模更小，所配外部设备（下简称“外设”）较简单，体积小，耗电省，操作使用十分简便，很适于一般企事业单位以及实验室、办公室、课堂等小面积空间上使用，由于其搬动灵活，环境要求不严格，价格低廉，所以迅速地得到推广。小型机和微型机之间的区别主要在体积和外设配备方面。在其他方面随着小型机的进一步微型化和微型机的功能不断扩充，其界限越来越不明显。国际上有人把计算机称为“电脑”，因此，也把微型计算机称为“微电脑”。

3. 从计算机设计的目的，可以分为通用计算机、专用计算机两种。通用机是用于解决各类问题的，这类机器结构较复杂；专用机是为某种特殊目的而设计的计算机，例如：计算导弹弹道、控制轧钢等等，它与通用机比较，结构简单，计算效率高。

4. 从计算机的用途来分，可分为“科学与工程计算”计算机、数据处理计算机、工业控制计算机三种。

习 题 一

1. 画出计算机的组成框图，并试举一实例简要叙述它的工作过程。
2. 简要叙述计算机系统、硬件、软件、系统软件、应用软件的概念。
3. 计算机系统中：处理机、中央处理机、计算机主机、外围设备的概念是什么？
4. 试叙述微型计算机系统的组成及其各部件的基本功能。
5. 评价计算机的主要性能指标有哪些？
6. 计算机的种类有几种，它是怎样划分的？