

第一章 计算机概论

第1节 绪论

电子计算机是本世纪四十年代中叶问世的,至今已有四十多年历史。它的出现使人们的社会生产活动实现了电子化和智能化,为工业发展带来了又一次新的技术革命,从而使整个社会发生了根本的变革,特别是70年代以来微型机的蓬勃发展,更加快了社会变革的速度,使计算机的应用深入到了国民经济和人们日常生活的各个领域。随着微机应用的不断深入、普及,越来越多的人想了解它、学习它。对于初学者来说,必然存在着许多疑问,比如:到底什么是计算机?它是怎样发展起来的?有哪些用途?与其它自动机有什么区别?微机又是什么?工业检测和控制系统用的微机有什么特点等等。下面就对这些问题作一个简单的介绍。

一、什么是电子计算机

电子计算机(Electronic Computer)现在一般都简称为计算机(Computer),它包括模拟计算机和数字计算机两大类。

模拟计算机(Analogue Computer)是以模拟变量(如电压、电流、温度等连续变量)为操作对象的自动运算工具。它直接以模拟量为操作对象,不需要任何转换过程,因此运算速度高,但由于受元器件系统精度的限制,其精度较差。

数字计算机(Digital Computer)是以离散的数字(如1, 2, 3, ...)和逻辑变量(如“是”、“非”)为操作对象的自动运算工具,平时我们所说的计算机或电脑,就是指数字计算机,本书所讨论的也正是数字计算机。

如果要给计算机下个定义的话,我们可以说计算机是由电子元件组成的、能自动(运行中不需要操作者干预)地完成数据处理的机器,它能对信息进行接收、存储、变换等处理,并给出计算结果。计算机可以代替人脑的某些工作,因此有人把计算机称为电脑(Electronic Brain)。

二、计算机的发展历史

1946年,被公认为世界上第一台电子数字计算机的ENIAC(Electronic Numerical Intergrator and Calculator)由美国宾夕法尼亚大学的J. W. Mauchly和J. P. Eckert研制成功。它使用了18,800个电子管,体积相当庞大,处理方式也很落后,其功能仅限于数值计算。与此同时,美国数学家Von. Neumann提出了冯·诺依曼(Von. Neumann)理论,随后,以Von. Neumann理论为基础的现代计算机便以超过其它任何领域的速度发展起来。70年代

以后电子器件和电子技术,尤其是大规模、超大规模集成电路 (LSI/VLSI) 的飞速发展,为计算机技术的发展创造了良好的条件,使其性能迅速提高,反映在体积不断缩小、处理速度不断加快、用途越来越广泛,几乎平均每十年就有一次本质上的飞跃。如今,计算机的作用已远远超出了原来仅仅作数值计算工具的范围,成为人类文明和现代化程度的标志之一。

人们习惯于将计算机的发展历史划分为“代”。从第一台计算机诞生到今天,计算机已经历了四代,代的划分是以计算机中电子器件的换代为主体特征的,如表 1-1 所示。目前我们广泛使用的各种型号的计算机属于第四代,第五代计算机正在研制阶段。可以预言,随着生物电子学、光电子学、超导技术和人工智能技术的应用,计算机必将以更快的速度发展。

由于计算机的应用场合不同,其结构也不尽相同

。从系统结构规模上来看,可将计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等几类。巨型机、大型机和中型机结构庞大、功能齐全、速度快、性能高,常用于军事、国防等尖端科学领域和科学研究中;小型机结构功能都比较适中,常用于计算机网络、工作站和大型信息处理系统中;微型机体积小、成本低、功能较齐全、性能价格比高,用途最广泛,可用于一般企事业单位科学计算、事务处理、辅助设计、辅助制造、信息检测、工业控制、仪器仪表等领域。

表1-1 计算机发展历史

划分标准	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代、新一代
逻辑元件	电子管	晶体管	IC、LSI	VLSI	新元件
主存储器	磁芯 磁鼓	磁芯 磁鼓	磁芯、磁鼓、 半导体存储器	半导体 存储器	半导体存储器、 新存储器
辅助存储器	磁带 磁鼓	磁带、磁鼓、 磁盘	磁带、磁鼓、 磁盘	磁带、磁鼓、 磁盘	磁带、磁鼓、磁 盘、新存储器
处理方式	机器语言 汇编语言	JOB连续处 理编译语言	多道程序 实时处理	分布式处理 网络结构	
代表机种	ENIAC	IBM1400	IBM3600 NOVA1200	IBM370 IBM4300	数据流机、高级 语言机等非冯· 诺依曼机

微型计算机 (Microcomputer) 是大规模集成电路技术飞速发展的结晶,是七十年代人类的重大创新。人们利用大规模集成电路技术把计算机的关键部件: 控制器 (Control Unit) 和运算器 (Arithmetic Unit) 集成在一个芯片上, 构成中央处理器 CPU (Central Processing Unit), 同样利用大规模集成电路技术制造了容量相当大的半导体存储器 (Memory) 和输入/输出 (Input/Output) 接口电路芯片。CPU、半导体存储器、输入输出接口, 再配上必要的输入/输出设备, 就组成了微型计算机, 简称微机。

微机的中央处理器 CPU 芯片也常称为微处理器 (Microprocessor), 它是微机的核心, 也是衡量微机性能的标志。自 1971 年第一片微处理器 Intel4004 在美国 Intel 公司问世以来, 微处理器的发展历经三代, 目前已进入第四代, 其发展情况如表 1-2 所示。

表 1-2 微处理器的发展

特 征	第一代 1971~1972	第二代 1973~1977	第三代 1978~1980	第四代 1981~ 目前
字 长	4位	8位	16位	32位
典型代表	Intel 4004	Intel 8080 Intel 8085 Motorola 6800 Zilog Z80	Intel 8086 Intel 8088 Motorola 68000 Zilog Z8000	Intel 80386 Z80000 Motorola 68020

随着大规模集成电路技术的进一步发展,人们把微型计算机的主要部分,包括 CPU、存储器和输入/输出接口等都集成在一个芯片上,构成单片微型计算机 (Single Chip Micro computer),简称单片机。由于单片机的结构和功能都是按照工业检测与控制要求设计的,故又称为单片微控制器 (Single Chip Microcontroller)。

一般认为 Intel 公司 1976 年推出的 MCS - 48 系列 8 位单片机是第一代单片机的代表,1980 年推出的 MCS - 51 系列高档 8 位单片机是第二代单片机的代表,1983 年推出的 MCS - 96 系列 16 位单片机是第三代单片机的代表。

单片机是电子技术和计算机技术高度发展的结晶。由于单片机比一般微机集成度更高、体积更小、性能价格比更高,因而它一出现便深受人们的欢迎,特别是在信息检测、工业控制和智能化仪器仪表方面,单片机几乎垄断了专用型微机的市场。

三、计算机的工作特点

计算机具有以下几个突出特点,这些特点也是它区别于其它自动机和计算工具的根本标志。

1. 高速地进行自动计算

由于采用了高速半导体器件和先进的数值计算技术,计算机具有很高的运算速度。第一台电子计算机尽管很不完善,但它每秒 5 千次的加法运算能力已使其它计算工具相形见绌了。而今巨型计算机的运算速度已达到每秒数亿次,微型计算机也达到每秒几十万次到几百万次,这是任何其它计算工具望尘莫及的。

自动连续地高速运算是计算机与其它计算工具的本质区别。计算机之所以能实现自动连续计算,是由于它采用了“存储程序”式工作原理,即把计算过程描述为若干条基本指令,这些指令按先后顺序组合起来构成程序,然后把程序和需要计算的数据一起输入到计算机中存储起来,工作时由程序控制计算机自动进行连续运算。存储程序式工作原理是计算机的工作基础,到目前为止几乎所有的计算机都是按存储程序方式工作的,所以现在所说的计算机确切地说应该是存储程序式电子计算机。随着计算机结构技术的发展,第五代计算机已突破存储程序工作方式,采用数据流等方式,这种工作方式是以数据的到达来启动机器自动连续地进行运算。本书将介绍的是存储程序式电子计算机。

2. 具有很强的记忆功能和逻辑判断能力

这是计算机的第二个突出特点,也是其它计算工具和自动机不具备的。

计算机中设有记忆装置——存储器，可存储大量信息，包括程序和数据等，为计算机成为信息处理机奠定了基础，是存储程序式工作原理得以实现的必要条件。

计算机中的运算器不仅能进行算术运算，还能在控制中心的指挥下模拟人的思维进行很多逻辑性的工作，如对各种信息进行识别、比较和判定，遇到程序有分支时能正确判断该走哪条支路。

计算机的记忆和逻辑判断功能不仅使自动计算成为可能，而且使计算机能够进行诸如资料分类、情报检索、逻辑推理、定理证明、信息检测和自动控制等大量具有逻辑加工性质的工作，可以说只要有逻辑性的工作都可以让计算机来做。

3. 采用数字化信息编码

计算机不仅能处理数字信息，而且能处理大量非数字信息，如：语言、文字、图象、声音及各种工业信息。这些信息在计算机内全部用数字的不同组合即数字化编码表示，数字化编码技术使计算机的应用领域从数值计算扩展到了几乎所有存在信息处理的场合，是计算机逻辑处理能力的基础。同时，数字化编码的长度保证了计算机的处理可以有足够的精度。

4. 通用性

任何复杂的任务都可以用程序来描述。只要运行不同的程序，计算机就可以执行不同的任务。这是计算机存储程序式工作原理所提供的功能。从这一点上说，计算机可以实现的功能是无穷多的。

以上四大特点是计算机优越性能的根本标志，其核心是“存储程序”式工作原理。

四、微型计算机的分类

前面曾提到，从系统结构规模上来分，计算机可分为巨型机 (Supercomputer)、大型机 (Large Computer)、中型机 (Middle Scale Computer)、小型机 (Minicomputer) 和微型机 (Microcomputer)，其中微型机是应用最普遍的计算机，也是我们讲授的重点。

如果按用途来划分，则可将微型机分为通用计算机 (General Purpose Computer) 和专用计算机 (Special Purpose Computer)。通用计算机是指能处理各种不同类别问题的计算机，主要用于科学计算、信息处理、辅助系统、事务处理等方面，也可用于工业测控领域，国内流行的紫金 - II (国外的 APPLE - II) 系列、0520 (国外的 IBM PC) 系列，及最近推出的 0530、0540、0550 (国外的 286、386、486) 系列等都属于通用微机。通用微机一般要求有较多的位数、较快的处理速度和先进的系统结构。专用型微机是指具有专门功能或用于专门目的微型计算机，通常所讲的专用型微机大多是指用于工业测控领域的微机，也常被称为微控制器。专用型微机一般具有高可靠性、超小型、性能价格比高、易于产品化等特点。

单片机是专用型微机的典型代表，目前流行的单片机有 Intel 公司的 MCS - 51 (8 位) 系列和 MCS - 96 (16 位) 系列，Zilog 公司的 Z - 8 (8 位) 系列，Motorola 公司的 M6801 (8 位) 系列，Fairchild 公司的 F8 (8 位) 系列等。这些单片机的结构原理和基本工作方式都是相同的，本书以目前国内应用最广的 MCS - 51 单片机为样机讲述工业控制用微机的组成方式、工作原理和应用系统设计，在讲述过程中重点突出规律性和实用性的内容，这些内容不仅仅针对 MCS - 51 单片机，而且适用于其它微机，因此只要读者能真正把握住教材内容，就能举一反三。

三,学会使用各种型号的单片机和工业控制用微机。

五、微型计算机的应用领域

微型计算机的应用已遍及人类生产和生活的各个领域,大致可分为以下四个大的方面:

1. 数值计算

数值计算是指用计算机进行科学技术问题的解算,如工程设计、科学计算、预测预报及系统模拟、仿真等。数值计算是微机应用最基本、最普遍的方面。通常采用通用型计算机来实现。

2. 事务处理

事务处理包括办公自动化(OA——Office Automation)和信息管理系统(MIS——Management Information System)。办公自动化是运用计算机这一现代科技手段和先进的办公工具(文字、文本、声音、图象处理及传输、电子备忘录、电子日历、电子邮递、电子档案、计算机局部网及其它先进的通讯工具等)辅助完成办公室的日常事务性工作、辅助处理一些例行办公流程,把行政人员从繁重的事务性工作中解脱出来,它可以提高办公效率和准确性,加速信息流通、提高决策水平。管理信息系统是借助于自动化数据处理手段,具有决策、控制和预测功能,用于企业管理的信息系统。随着通用微机和网络技术的发展,OA和MIS已逐步进入实用阶段。

3. 实时处理

实时处理包括工业生产系统实时数据采集(Real Time Data Acquisition)和实时控制(Real Time Control),简称工业测控系统。

用于工业测控系统的计算机称为工业控制计算机,简称控制机。与一般微机相比,工业控制机有以下特点:

①具有较完善的过程通道,便于各种形式的信息变换,并完成检测数据输入和控制信息输出。

②具有较完善的中断系统和高速数据接口,能迅速响应生产过程发出的中断请求,并能与生产过程实时交换信息。

③具有高抗干扰和高可靠性,以保证在各种环境下可靠地工作。

④具有人机联系功能,可实现人机对话,及时地对生产过程进行必要的干预。

⑤具有适用于工业测控的软件系统。

⑥体积小、重量轻、易于产品化。

控制机通常由专用型微机来承担,单片机是工业测控的理想工具。

4. 计算机辅助系统

计算机辅助系统包括计算机辅助设计(CAD——Computer - Aided Design)、计算机辅助制造(CAM——Computer - Aided Manufacturing)和计算机辅助教学(CAI——Computer - Assisted Instruction)。

除此之外,微型计算机还广泛用于图形、图象处理、医疗、语言识别、语音合成、人工智能、机器人、专家系统、汉字信息处理、艺术创造和社会科学的各个领域。

蒸汽机的出现增加了人的体能,带来了第一次工业革命。计算机的出现不仅扩展了人的体能,而且极大地扩展了人的智能,带来了第二次工业革命,给人类开辟了一个崭新的信息时代。

六、我国计算机技术发展概况

我国计算机技术起步较晚,但发展十分迅猛,1958年仿制成功第一台电子管通用计算机(103机);1965年自行设计制造成功了每秒七万次的大型晶体管通用机;1976年研制成功了每秒200万次的集成电路大型通用计算机;1989年研制出每秒10亿次的银河机。与此同时,微机的发展也逐渐兴起,形成了较为完善的计算机行业体系,某些国产机的性能已接近国际先进水平,在汉字处理等方面已达到国际领先水平。

但是我们必须看到,由于我们起步较晚,在计算机的制造和应用上与世界先进水平仍有较大差距,特别是在微机检测与实时控制方面,而单片机在我国的广泛使用才是近几年的事情,比国外落后了约五年。

随着国际上计算机技术水平突飞猛进的发展,国内已越来越重视计算机技术给生产力带来的巨大推动作用,“七五”、“八五”攻关项目中与计算机应用有关的项目占了较大的比重;基层单位也越来越重视计算机应用开发人才的培养。应该说今后几年将是计算机发展的黄金时代,我们编写此书的目的,就是以工业测控微机为背景,讲述一些微机原理及应用系统设计方法,使学员掌握微机特别是单片机的基础知识及系统设计的基本方法和技巧,并能用于实践,改变我国计算机应用特别是计算机测控技术的落后面貌,加快赶上世界新技术革命的步伐。

七、本课程的学习方法

计算机系统对于广大的初学者来说是一个新的世界,它不同于我们以往学过的任何一门课程,它有自己的语言和独特的工作方式,在硬件和软件的联合支持下工作。硬件是构成计算机系统的各种设备的总称,它是计算机中实际存在的各种装置,是构成计算机系统的物质基础和核心。软件是与计算机数据处理系统有关的程序及各种文件资料的总称。为了能更快、更好地学好本课程,应注意以下几点:

1. 了解课程性质,明确学习目的

本课程属应用技术范畴。它没有高深的理论和严谨繁琐的数学推导,也没有一系列定理、定律作支柱,本课程的关键是计算机系统独特的工作方式、连接技术和使用技巧,这是本教材的重点也是读者应重点掌握的内容。

学习本课程必须明确,我们的目的是应用,即利用我们所拥有的知识和技能去选择微机及附属设备来设计一个符合要求的微机应用系统。我们的目的是使用而不是去设计计算机,因此在学习上要重点掌握计算机及各种附属器件的功能和应用方法,而不要去深究各种芯片的内部结构和设计方法。也就是说我们的重点在芯片的外部特性而不在其内部,只有这样才能有效地利用它们来设计应用系统达到目的要求。

2. 掌握工作原理, 更有效地利用计算机

我们强调本课程的重点在应用并不是说可以不理会计算机的工作原理, 不很好地掌握微机原理就谈不上利用它。特别是在工业测控领域, 由于实时性、可靠性和性能价格比的特殊要求, 使得我们必须用最少的软硬件开支去构成最可靠、最实用的系统, 只有充分掌握了微机及各种附属器件的工作原理, 才能达到这一点。

3. 多做习题和实验

由于本课程属应用技术, 单凭想象和理解是学不好的, 计算机应用系统很多问题往往出在一个芯片的时序配合、一个代码错误等小问题上, 必须通过大量地做习题和实验, 才能不断地积累经验、巩固所学知识, 逐步地进入计算机世界。

第2节 微型计算机基础

一、计算机的工作原理

计算机是一个数字信息处理系统, 可以对各种信息进行相应的表示和处理。我们知道, 外界信息是多种多样的, 如数字、符号、语言、文字、图表、电压、电流、速度、温度、压力等, 那么, 计算机是怎样处理这些信息的呢?

在计算机中, 信息是用两个不同的电位“高”与“低”的组合来表示的, 而电位的“高”与“低”可用电子元件的两种不同状态“通”与“断”来实现, 用数字“0”与“1”来表示。计算机中有很多元件, 但每个元件都只有两种基本状态, 因此只需要用“0”与“1”这两个数字量就可以表示计算机中的各种信息了, 所以计算机中采用二进制。一个二进制位对应着一个元件两种状态, 称为1“位”(Bit), 或称1比特。位是计算机中最基本的计数单位, 若干个具有不同状态(0或1)的位组合在一起, 就构成了一个二进制数, 这些二进制数可以表示各种各样的外界信息。也就是说, 计算机是将外界信息转换成若干位二进制数以后再加以处理的, 这个转换过程称为编码(Encode)。经过编码以后, 在计算机内部, 各种信息的处理就都变成了对二进制数的处理了。

那么, 计算机又是如何处理这些二进制数的呢? 下面我们从手工处理一个算式出发, 看一下计算机的工作过程。

假设我们用笔、纸和算盘计算下式:

$$U = R_1 \times I_1 + (R_2 + R_3) \times I_2$$

其中: $I_1 = 10$, $I_2 = 20$, $R_1 = 4$, $R_2 = 2$, $R_3 = 3$

首先, 我们假设自己是初学代数, 需要按照四则运算的法则把计算步骤写在纸上, 然后依次读出这些步骤, 在算盘上进行计算, 得出各步的运算结果——中间结果, 并记录在纸上, 最后用算盘打出最终结果, 也把它记录在纸上:

第一步: 求 $R_2 + R_3$, 即 $2 + 3 \rightarrow 5$

第二步: 求 $(R_2 + R_3) \times I_2$, 即 $5 \times 20 \rightarrow 100$

第三步: 求 $R_1 \times I_1$, 即 $4 \times 10 \rightarrow 40$

第四步: 求 $(R_1 \times I_1) + (R_2 + R_3) \times I_2$, 即 $40 + 100 \rightarrow 140$

从上述过程我们可以看出:

1. 运算过程按一定步骤进行, 并且各运算步骤记录在纸上。
2. 求解过程在人脑的指挥下进行, 人脑是整个计算过程的控制器。
3. 运算操作在算盘上完成, 算盘是运算工具即运算器。
4. 原始数据、中间数据、最终结果记录在纸上, 纸是记录媒介, 记录各种原始数据和运算结果。

任何问题的求解都可以按照这样的思想进行, 于是人们设计了计算机, 用电子部件来取代人脑、算盘和纸, 具体做法如下:

1. 用控制器代替人脑, 它能根据事先给定的命令发出各种控制信息, 指挥和协调其它部件有顺序地工作, 使整个计算过程一步步地进行下去。

2. 用运算器代替算盘, 它能根据控制器的命令进行各种计算。

3. 用存储器代替纸和笔, 记录运算步骤、原始数据、中间数据和最终结果。

另外, 在用计算机进行数据处理时, 首先必须把原始数据和运算步骤输入到机器中去, 这就需要有输入设备, 如键盘、扫描仪等。为了把运算结果告诉人们, 还需要有专门的输出设备, 如打印机、绘图仪等。所以, 作为完整的电子计算机系统, 还应有:

4. 输入设备

5. 输出设备

控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备这五大部件就构成了一个计算机系统, 确切地说是组成了计算机的硬件(Hardware), 如图 1-1。

完整的计算机系统包括硬件和软件两大部分。人们在计算如上例所示的算式时, 需要按四则运算的法则编写一个求解步骤, 然后再按此步骤进行计算。计算机也是这样, 它首先要求有一个解题程序, 然后再按此程序进行计算。人们把解题步骤写在纸上, 计算机则把解题程序放在存储器中。程序(Program)是为了解决某些特定问题用计算机的指令编制的解题步骤。没有程序, 计算机任何事情都不会做, 从狭义上讲, 程序就是计算机的软件。

那么, 计算机又是怎样执行这些程序的呢? 我们要把解题步骤中的每一步都分解为计算机能识别的基本操作命令, 这些基本操作命令称为指令(Instruction), 一条条指令按一定顺序排列起来就组成了计算机程序。程序编好以后把它连同原始数据一起送入计算机的存储器中保存起来。程序在存储器中是顺序存放的, 并且随时能方便迅速地取出。计算机工作时, 只要告诉控制器程序的第一条指令在存储器中存放的地点, 控制器就按一定的顺序依次取出每条指令, 进行分析识别并调动相应部件完成指令所规定的操作, 这样一条条地执行下去, 直到遇到程序中的停止指令为止。

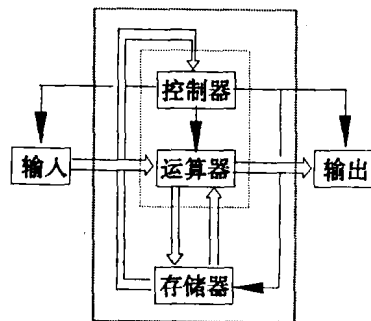


图1-1 电子计算机结构框图

这就是存储程序式工作原理。它是由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼 (John. Von Neumann) 于 1946 年提出的。他和他的同事设计出了一个完整的现代计算机的雏型, 并确定了存储程序式计算机的五个组成部分和工作方法, 使计算机的发展产生了质的飞跃, 从只能进行计算发展到能快速自动地执行既定程序并根据当前运算结果或某些条件进行程序的灵活转移。这一意义之重大, 甚至超过了计算机高速运算特性的意义, 使得计算机可以在与“计算”毫不相干的场合大显神通。

按存储程序式工作原理工作的计算机称为冯·诺依曼型计算机。计算机硬件发展已历经四代, 却始终没有摆脱存储程序式工作原理, 至今占主流地位的仍是冯·诺依曼型计算机。因此冯·诺依曼的这一设计思想被誉为计算机发展史上的里程碑, 这一设计思想的出现标志着计算机时代的真正开始。

二、计算机的基本组成

冯·诺依曼型计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五个基本部分组成。

1、存储器

为了实现程序和数据的存储, 计算机中必须设置具有记忆功能的部件——存储器。存储器的功能是用来把需要记忆的数字信息 (数据和程序) 保存起来, 并能根据需要在不破坏原有信息的情况下随时提供原记忆的信息, 还能够根据需要抹去原存信息, 重新记录保存新的信息。存储器的作用是在运算之前接收外界提供的程序和数据; 在运算之中按一定顺序向计算机提供指令和数据信息、保存中间运算结果; 运算结束后保存最终运算结果。

2、运算器

运算器是计算机中用于完成算术和其它有关运算的部件。程序安排的各种运算都是在运算器中进行的, 运算器可以对各种数字代码进行各种基本运算: 包括加、减、乘、除等算术运算以及与、或、非、异或等逻辑运算, 并能实现逻辑判断和比较、移位等操作。尽管运算器只能做最基本的运算, 但是我们知道, 任何复杂的问题都可以分为一个个基本运算问题来解决, 计算机通过一系列的简单运算来解决复杂运算问题。由于计算机的运算速度快得惊人, 使得它能高速地完成各种复杂的工作。在运算过程中, 运算器按照指令的要求不断地从存储器中取得数据, 进行运算并把运算的中间结果和最终结果送回存储器保存。

3、控制器

控制器是整个计算机的指挥中心。它按照指令或命令的要求发出一系列的控制信号, 去控制执行部件或外部设备的启动、执行、停止等各种操作。存储器进行的信息存取、运算器进行的各种运算、信息的输入输出都是在控制器统一指挥下进行的。

控制器的指挥工作是按照程序的要求进行的。程序中安排好计算机的工作顺序, 对可能遇到的各种情况进行处理。运算前程序被送到存储器中保存起来, 开始运算后, 控制器便自动地到存储器中按顺序逐条取出指令, 经分析后按指令要求向各部件发出控制信号, 从而完成指令规定的操作。

4、输入设备

输入设备的主要功能是把工作程序、数据转换成计算机能识别的二进制数字信号，并送到计算机中。

5、输出设备

输出设备的功能是把计算机的运算结果以容易阅读和使用的形式输送出来。

输入设备和输出设备是计算机和外部世界之间进行信息交流的必不可少的部分。通常将输入设备和输出设备简称为 I/O (Input/Output) 设备。I/O 设备与主机间的信息交流工作也是在控制器统一控制下进行的。

通常人们把运算器和控制器合称为中央处理器，简称 CPU；把运算器、控制器和存储器三者合在一起称为主机；把 I/O 设备等主机以外的部分称为外部设备。如果把 CPU 集成在一个芯片上，则构成微处理器，有的书上称为 μP (microprocessor 的缩写)。使用微处理器是微型机的特征。

计算机常用的输入/输出设备有：键盘、显示器、打印机、绘图仪等。由于他们的物理、电气特性差别较大，速度也较慢，通常不直接和 CPU 相连，而是通过一些中间电路相连。连接输入/输出设备和 CPU 的部分称为输入/输出接口电路，简称接口电路或 I/O 接口 (I/O Interface)。

关于微机系统范围的划分，现在还没有统一的定义，一般认为微型计算机是由 CPU、存储器和 I/O 接口三大部分组成。微机和 I/O 设备及以后要介绍的过程通道合称微机系统。如图 1-2。

单片机就是单芯片微机，它是把 CPU、存储器和 I/O 都集成在一个芯片上，这样由单片机构成的微机应用系统就非常简单了，如图 1-3。

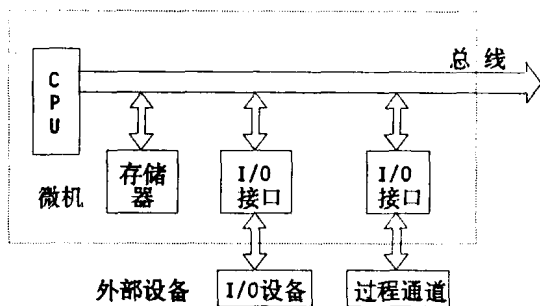


图1-2 微机系统的组成

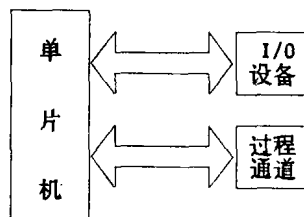


图1-3 单片机系统

第3节 存储器简介

存储器是用来存放程序和数据（通称为信息）的装置，可以分为主存储器和外部存储器两大类。主存储器（Main Memory 或 Primary Memory）有时也称为内部存储器（Internal

Memory) 或内存, 它用来存放 CPU 当前运行所需的程序和数据, 在 CPU 的直接控制下进行读、写操作, 主存储器与 CPU 一起构成主机, 主存的特点是存取速度快、工作可靠, 但存储容量小, 价格也高。外部存储器 (External Memory 或 External Storage), 也称辅助存储器, 简称外存。它在主机的外部, 属于计算机的外部设备, 存放的是 CPU 当前运行暂时不用的信息, 当 CPU 需要外存储器中的信息时, 由控制器通过接口电路控制外存进行信息的交换, 外部存储器通常存取速度慢, 可靠性较低, 但价格低、容量大。本书只介绍在微机测控系统中主大量使用的存储器。

存储器内部信息的存放是以单元 (Location) 为单位的。一个单元存放一串二进制信息, 该串二进制数码的长度, 即它的位数称为存储器的字长。存储器的字长一般为一、四、八、十六位等几种, 存储器就是由成千上万个单元组成的, 为了区分每个单元, 我们把所有的单元统一编上号, 一个单元对应一个编号, 这个编号称为存储单元的地址 (Address)。对某个单元进行操作前, 应先给出这个单元的地址, 由存储器按这个地址找到对应的单元, 然后再对该单元进行相应的存数或取数操作。存数称之为写 (Write), 取数称之为读 (Read)。

我们可以将存储器想象成一栋大楼, 大楼中的房间相当于存储器的单元, 房间的门牌号码相当于存储单元的地址, 房间中住的人相当于存储单元中存储的内容。当我们要向某个房间安排客人时, 首先要按门牌号码找到特定的房间, 然后再将客人送入该房间, 这相当于向某个存储单元存放了一个信息。当我们要找某人时, 首先要按他的房间门牌号码找到特定的房间, 然后再从该房间将某人找出, 这相当于从某个存储单元取出一个信息。这样对照着来的理解, 对存储器的内部结构就会有一个初步的印象了。存储器的逻辑结构示意图见图 1-4。

那么存储器的读写功能又是如何实现的呢? 存储器由存储单元组成, 每个存储单元又由若干位构成, 一个位 (Bit) 是一个具有两个稳定状态的元件, 这两个状态可用二进制数 0 与 1 来表示。存储单元之中各位的不同状态组合, 就形成了不同的存储内容。向某个存储单元写数据, 就是改变该单元之中各个位上存储元件的状态; 从某个单元读数据, 就是读取该存储单元各位的状态。存储器的读与写由专门的读/写控制电路来完成。

关于存储器, 有几个概念是不能混淆的:

1. 存储单元的地址和存储单元中的数据

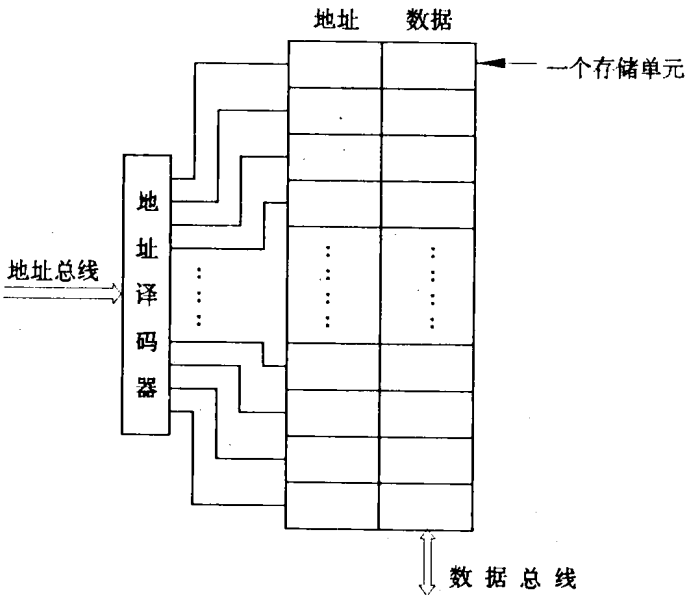


图1-4 存储器的逻辑结构示意图

地址是存储器中存储单元的编号,而存储单元中的数据才是存储器中真正存放的信息,它由存储元件的状态组合来表示。存储单元的地址和存储单元中的数据是两个完全不同的概念,就如同房间的门牌号码和房间中住的人是两码事一样,切不可混淆。

2. 在对存储器进行读/写时,只要给出一个地址,就可以随机地找到这个地址代表的单元进行读/写,而不必从第一个地址开始顺序地查找。

3. 在正常工作情况下,只要不断电,一个数据一旦被写入存储器某个单元之中,不管你读出多少次,其内容都不会改变或消失,直到你又存入新的数据,原来的数据才会被新的数据所取代而消失。存储器的任何一个单元都不会是空的,当还没有向里面写入数据的时候,单元中的内容可以认为是随机数。

第4节 CPU 的结构及工作过程

中央处理器 CPU 由控制器和运算器组成。控制器类似于人的大脑和神经系统,它根据指令的要求指挥全机工作。运算器是实现算术、逻辑运算的部件。不同的计算机控制器和运算器的结构及工作方式不尽相同,但对于大多数计算机来说,CPU 的基本组成及工作原理是相似的。下面介绍的 CPU 不是针对哪一种具体机型的,而是各种微机 CPU 的基本知识。CPU 是整个计算机系统的核心,了解了 CPU 的工作原理也就了解了微机的全部工作过程。因此,这部分的学习对掌握计算机的系统知识是至关重要的。

CPU 的基本功能是自动取出指令、分析指令、收集其它部件和设备的反馈信息,产生全机的控制信息,并完成每条指令应完成的操作。

为了更好地了解 CPU,还必须对指令的格式及执行情况有所了解。

一、指令的格式及执行情况

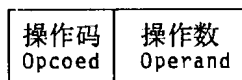
指令是控制计算机完成某种特定操作的命令,计算机的每一种基本操作都对应着一条指令,每一条指令也都对应着一个特定的操作,它们是一一对应的。一台计算机的所有指令的集合称为指令系统。不同型号计算机的指令系统是不一样的。

一条指令通常包括两个基本部分:

① 指出操作的性质,以命令机器执行什么样的操作。

② 指出操作数即参加操作的数据的存放地址,以便取数进行操作,同时还要给出操作后生成的结果的存放地址。

计算机只能识别二进制数,所以指令也是用二进制形式给出的。也就是说要对指令进行编码使其数码化,数码化指令称为指令码(Instruction Code),也称指令字(Instruction Word)。在指令码中表示操作性质部分的编码称为操作码(Opcode)。操作的对象称为操作数(Operand)。操作数可以是直接地址(地址码)、地址指针或立即数。指令的一般格式如下:



地址码给出的是操作数在存储器中的存放地址，一般地址码分为好几部分，分别给出参加操作的几个操作数及操作结果的存放地址。下面给出一种指令格式：

OP	A1	A2	A3
----	----	----	----

OP: 操作码

A1: 第一操作数地址

A2: 第二操作数地址

A3: 运算结果地址

指令有多种格式，这在第五章中将详细介绍。下面通过一个简单的例子来说明指令的组成及执行情况。

设有一台计算机，其指令系统有四条指令，指令格式如上，操作码及含义分别如下：

00: 两个操作数相加

01: 两个操作数相减

10: 两个操作数相乘

11: 暂停

假设这台计算机中有一个存储器，该存储器共有 16 个单元，地址分别为 00, 01, 02, ... 15。

有下列一段程序存放在 00~08 单元：

	OP	A1	A2	A3
第一条指令：	00	09	10	11
第二条指令：	10	09	11	12
第三条指令：	11			

该程序共有三条指令，对照前面的指令格式，可知各条指令对应的操作如下：

第一条指令：将 09 单元的内容和 10 单元的内容相加，其和送入 11 单元保存；

第二条指令：将 09 单元的内容和 11 单元的内容相乘，结果送 12 单元保存；

第三条指令：暂停操作，计算机运行到该指令时将暂停工作，不再执行其它指令。

计算机是怎样执行这些指令的呢？首先在计算机工作前，人们应把上述指令码按要求的存放地址存放在存储器中，同时将原始数据也存入存储器：09 单元存入数字 02，10 单元存入数字 01（这两个原始数据为假设值），11~15 单元内容不定（以后凡内容不定都用×来表示）。程序和原始数据存好之后存储器中内容见图 1-5。

然后计算机在控制器的控制下，从存放程序的首单元即 00 单元开始取一条指令：00091011，经控制器指令译码后，确认为是加法操作，控制器便把相应的控制信号送存储器 and 运算器，进行取数和加法运算：从 09 单元取出数据 02，从 10 单元取出数据 01，然后进行加法操作： $(02+01)=03$ ，并自动把结果 03 送入指令规定的 11 单元，第一条指令执行完毕，存储器 11 单元内容由不定值变为 03。存储器内容见图 1-6。

接着控制器自动取第二条指令，经译码后发出相应的控制信号，控制存储器和运算器执行第二条指令的操作，即把 09 单元内容 02 和 11 单元内容 03 相乘： $02 \times 03 = 06$ ，结果 06

自动送入12单元保存，第二条指令执行完毕。此时存储器中内容见图1-7。

然后控制器自动取第三条指令，译码后认为是暂停操作，计算机暂停工作，不再进行其它操作。

这就是存储程序式工作的基本过程。

地 址	内 容		地 址	内 容		地 址	内 容	
00	00	程序	00	00	程序	00	00	程序
01	09		01	09		01	09	
02	10		02	10		02	10	
03	11		03	11		03	11	
04	10		04	10		04	10	
05	09		05	09		05	09	
06	11		06	11		06	11	
07	12		07	12		07	12	
08	11	原始数据	08	11	原始数据	08	11	原始数据
09	02		09	02		09	02	
10	01	未用单元	10	01	未用单元	10	01	未用单元
11	×		11	03		11	03	
12	×		12	×		12	06	
13	×		13	×		13	×	
14	×		14	×		14	×	
15	×		15	×		15	×	

图1-5 程序执行前

图1-6 执行完第一条指令后

图1-7 执行完第三条指令后

二、CPU 结构

为了实现存储程序式工作，CPU 应包括以下几个主要部分：程序计数器 PC (Program Counter)、地址寄存器 AR (Address Register)、数据寄存器 DR (Data Register)、指令寄存器 IR (Instruction Register)、指令译码器 ID (Instruction Decoder)、CPU 控制电路 (CPU Control) 和算术逻辑运算单元 ALU (Arithmetic Logic Unit) 等，如图 1 - 8。

1. 程序计数器 PC

程序计数器 PC 是一个计数器，其内容为将要执行的指令码在内存中的存放地址。由于指令一般都是顺序存放的，所以每取一个指令码后程序计数器的内容自动加 1，指向下一条指令码的存放地址。

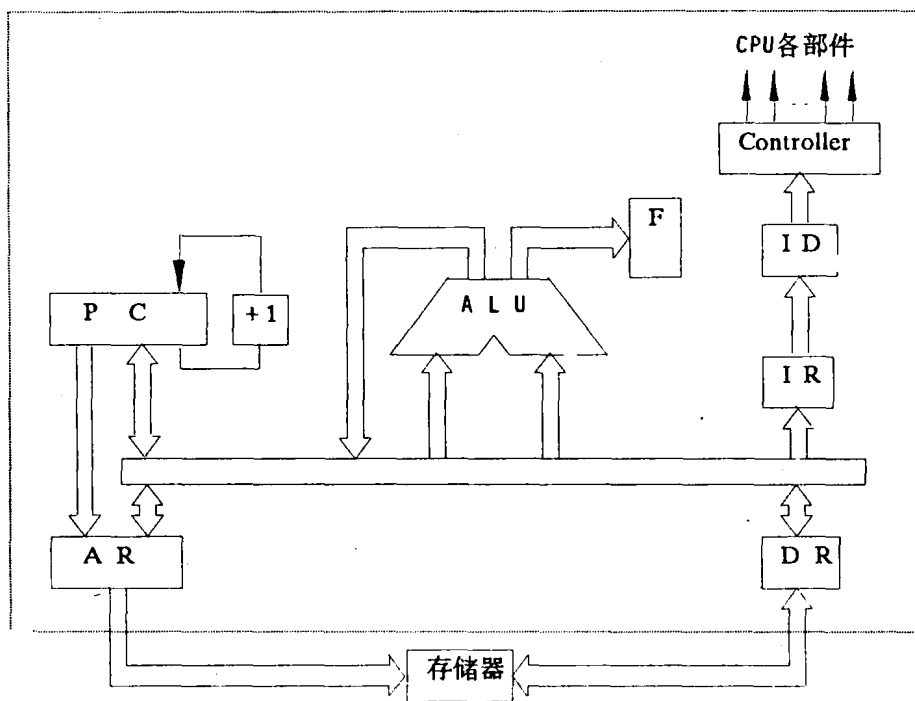


图1-8 计算机CPU结构示意图

如上例，计算机工作时，首先把程序存放的首地址 00 赋给 PC，这时控制器就从存储器 00 单元取一个代码，送到指令寄存器 IR，然后 PC 值自动加 1，指向 01 单元，下一次取的将是 01 单元的内容。

程序计数器也称指令计数器 (Instruction Counter)。

2. 地址寄存器 AR

地址寄存器 AR 中存放 CPU 要访问的存储器单元地址，该地址可以是指令的存放地址 (此时由 PC 给出)，也可以是操作数的地址 (此时由指令的地址码提供)。

3. 数据寄存器 DR

数据寄存器 DR 是 CPU 与存储器进行数据交换的中间寄存器。CPU 向存储器写数据时，首先将数据存入 DR 中，然后再按 AR 给出的地址写入存储器相应单元。当 CPU 从存储器中读数据时，读出的数据也是先存在 DR 中，然后再根据指令要求送入目的存储器或寄存器进行规定的操作。

4. 指令寄存器 IR

指令寄存器中存放现在需要执行的指令的操作码，供指令译码器使用。

5. 指令译码器 ID 及 CPU 控制电路

指令译码器 ID 对指令寄存器 IR 中存放的内容进行译码，所谓译码就是把指令代码翻译成相应操作的控制信号，这些控制信号由 CPU 控制电路输出，控制存储器、运算器和各种 I/O 接口去完成指令规定的操作。

计算机有多少种操作，CPU 控制电路就有多少个输出端，每个输出端与一种操作相对

应。当一条指令的操作码被译码后, CPU 控制电路相应的输出端上便产生一个控制信号, 去完成该操作码所对应操作的一切控制功能, 而其它输出端上则没有控制信号产生。

6. 算术逻辑运算单元 ALU 及状态寄存器 F

ALU 就是 CPU 中的运算器。它是执行加、减、乘、除等算术和各种逻辑运算的场所。ALU 的输入数据来自存储器或 CPU 内部寄存器, 运算结果可按指令规定送入存储器或 CPU 内部寄存器。为了反映运算结果的状态, CPU 中还有一个状态寄存器 F。F 的内容表示运算结果的正、负、奇、偶、零或非零等状态。

三、CPU 的工作过程

CPU 执行一条指令的过程包括取指和执行两个阶段。在取指阶段, CPU 按程序计数器 PC 的内容从存储器中取出一个指令码送 IR, 然后由指令译码器 ID 译码并由 CPU 控制电路发出相应的控制信号。取指阶段结束后就进入执行阶段, 执行阶段中各功能部件在 CPU 控制电路输出的控制信号作用下进行工作, 完成指令规定的操作。一条指令完成以后自动进入下一条指令的取指阶段。如此循环直到程序结束(遇到停机指令)。

上例程序中指令的执行情况如下:

由于该段程序的起始地址为 00, 所以执行前应先把 00 送入 PC, 然后程序开始运行。首先进入第一条指令的取指阶段, CPU 进行的操作如下:

- (1) 程序计数器 PC 的内容 00 送到地址寄存器 AR 中;
- (2) PC 内容加 1 变为 01;
- (3) 根据 AR 中的内容选中存储器 00 单元;
- (4) CPU 发出读指令;
- (5) 所选中的 00 单元的内容被送到数据寄存器 DR 中;
- (6) 因为是取指阶段, 所以 DR 的内容为操作码, 被送到指令寄存器 IR 中;
- (7) IR 中内容送 ID 译码, 发出执行该条指令的各种控制信号。

上述过程如图 1-9 所示, 图中带 () 的阿拉伯数字表示操作步骤。

取指阶段完成后就进入第一条指令的执行阶段, 经译码知道, 这是一条加法操作指令, 两个操作数及结果的地址在指令的地址码部分给出, 因此执行第一条指令就必须按指定地址把存储器中存放的操作数取出, 送 ALU 运算, 并把运算结果送到存储器中。具体操作如下:

- (1) 把 PC 的内容 01 送 AR 中;
- (2) PC 的内容加 1 变为 02;
- (3) 根据 AR 中的内容选中存储器 01 单元;
- (4) CPU 发出读命令;
- (5) 存储器 01 单元内容 09 送 DR 中;
- (6) 因为是执行阶段, DR 中的内容被当作操作数地址送到地址寄存器 AR 中, 如图 1-10(a);
- (7) 根据 AR 中的内容, 选中存储器 09 单元;

- (8) CPU 发出读命令;
- (9) 存储器 09 单元的内容 02 被送到 DR 中;
- (10) DR 中内容被送到 ALU 的第一操作数输入端 IN1, 如图 1-10(b);
- (11) PC 的内容 02 送 AR;
- (12) PC 的内容加 1 变成 03;
- (13) 根据 AR 的内容选中存储器 02 单元;
- (14) CPU 发出读指令;
- (15) 存储器 02 单元的内容 10 被送到 DR 中;
- (16) 该内容作为第二操作数地址送 AR 中, 如图 1-10(c);
- (17) 根据 AR 内容选中存储器 10 单元;
- (18) CPU 发出读指令;
- (19) 存储器 10 单元的内容 01 送到 DR 中;
- (20) DR 中的内容被送到 ALU 的第二操作数输入端 IN2;
- (21) ALU 进行加法操作: IN1 端的内容和 IN2 端的内容相加: $02 + 01 = 03$, 结果 03 送 OUT 端, 如图 1-10(d);
- (22) PC 的内容 03 送 AR;
- (23) PC 的内容加 1 变成 04;
- (24) 根据 AR 的内容选中存储器 03 单元;
- (25) CPU 发出读指令;
- (26) 存储器 03 单元的内容 11 送 DR;
- (27) DR 中内容作为结果存放地址送 AR, 如图 1-10(e);
- (28) ALU 的 OUT 端数据 03 (加法结果) 送到 DR 中;
- (29) 根据 AR 的内容选中存储器 11 单元;
- (30) CPU 发出写命令;
- (31) DR 中的内容 03 送到 11 单元, 如图 1-10(f)。

至此完成了将 09 单元内容和 10 单元内容相加, 和送 11 单元的全部操作, 第一条指令执行完毕。

上面介绍了一段假想程序在一台假想微机上的执行情况。不同微机 CPU 的结构、指令系统和程序执行过程不尽相同, 但所有微机 CPU 的基本组成和基本工作原理都和前面介绍的大同小异, 希望读者能仔细阅读认真分析, 以掌握微机工作的基本原理和方法, 为以后学习具体型号的机器打好基础。