

第一章 微型计算机基础

第一节 绪 论

一、计算机的发展历程

通常人们将电子计算机简称为计算机。可以给电子计算机下这样的定义：电子计算机是一种能够自动而又精确地对信息进行处理的现代化电子设备。电子计算机可分为两大类 数字计算机和模拟计算机。

随着现代技术的不断发展，计算机的功能也越来越完善，已具有了相当强的逻辑判断力、自动控制能力和记忆力，在一定程度上已经代替人脑的工作，所以有时人们也将计算机称为电脑。

作为信息技术的基础——电子计算机 是 20 世纪科学技术最卓越的成就之一。从第一台计算机问世 到现在才 50 多年的时间，但它发展之快，在人类科技史上还没有哪一门学科可以与之相提并论。

1943—1946 年，美国宾夕法尼亚大学研制的“电子数字积分和计算机” ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 是世界上第一台电子计算机。美国陆军用它计算炮弹弹道比人工计算提高效率 8 400 倍，显示了强大的威力。但是 ENIAC 计算机共用了 18 000 多个电子管，1 500 个继电器，重达 30 吨，占地 150 平方米，耗电 150 千瓦，每秒钟只能计算 5 000 次加法，它的功能远远不如一台现代化的普通微型计算机。ENIAC 计算机有两个主要缺点：一是存储容量太小，只能存 20 个字长为 10 位的十进制数；二是采用线路连接的方法来编排程序，因此每次解题都要依靠人工改接连线，准备时间大大超过实际计算时间。

与 ENIAC 计算机研制的同时，冯·诺依曼 (Von Neumann) 与莫尔小组合作研制了 EDVAC 计算机，在这台计算机中确立了计算机的 5 个基本部件：输入器、输出器、运算器、存储器和控制器。另外，程序和数据一样存放在存储器中，并采用了二进制。这些基本原则至今仍被现代计算机所采用，因此现代计算机一般被称为冯·诺依曼结构计算机。

学术界通常根据电子计算机所采用的物理器件的发展来划分计算机的发展史，如第一代电子管计算机，第二代晶体管计算机，第三代集成电路计算机，第四代大规模集成电路计算机等。

第一代：电子管计算机时代 (1946—1957 年) 这一时期的主要特点是采用电子管作为基本器件，这期间计算机的内存储器采用磁芯，使用的外存储器有磁带、磁鼓、纸带和卡片等。它的特征是运算速度低、内存容量小、体积庞大、造价昂贵，所使用的编程语言是二进制代码表示的机器语言。第一代计算机在当时的应用范围也很有限，通常只用于军事研究中

的科学计算，其相关的研究作为计算机技术的发展奠定了基础。

第二代：晶体管计算机时代（1958—1964 年）这一时期的电子计算机主要采用晶体管作为基本器件，计算机采用磁性材料制成的磁芯作为内存储器，外存储器已使用了磁带和磁盘，计算机的外设种类也增多了。相对于第一代计算机，它的运算速度有所增加，内存容量增大，体积减小，成本降低，可靠性提高。这时，计算机的编程语言除了机器语言外，已开始使用汇编语言作为程序设计语言。计算机的应用范围已不仅局限在军事与尖端技术上，而且逐步扩大到气象、工程设计、数据处理及其它科学研究领域。

第三代：集成电路计算机时代（1964—1972 年）。这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件，随着集成电路技术的出现和发展，人们可以在面积极小的单晶硅片上集成上百个电子元件组成逻辑电路，将这种小规模和中规模集成电路器件作为计算机的元器件，就标志着计算机的发展进入了它的第三个时期。第三代计算机的运算速度大大提高，内存和外存都有了很大的发展，功耗低、体积小、成本低。这时，出现了高级程序设计语言，操作系统和交互式语言也开始在计算机系统中使用，计算机的应用范围越来越广泛了。

IBM 360 系统是最早采用集成电路的通用计算机，也是影响最大的第三代计算机，它的平均运算速度可达到每秒百万次。

第四代：大规模集成电路计算机时代（1972 年至今）20 世纪 70 年代初，半导体存储器问世，迅速取代了磁芯存储器，并不断向大容量、高速度发展。这以后半导体集成度大体上每 3 年翻两番，例如，1971 年每片 1 K 位，到 1984 年达到每片 256 K 位，计算机的价格则平均每年下降 30%。随着大规模集成电路的迅速发展，计算机进入大发展时期，通用巨型机、大型机、小型机和微型机都得到发展。

目前又提出了所谓第五代计算机。关于这一代计算机的构想和理论相当活跃，其目标主要是：采用超大规模集成电路，在系统结构上要有根本性的变化，要类似于人脑的神经网络，在材料上使用常温超导材料和光器件；在计算机结构上采用超并行的数据流计算等。

微型计算机是第四代计算机的典型代表。构成微型计算机的核心单元 CPU（Central Processing Unit）又称微处理器基本上每二三年就有更新产品。从 20 世纪 70 年代初诞生了第一片微处理器以来，仅仅二十几个年头，已经推出了五代微处理器产品。

1971 年，美国 Intel 公司制成了世界上第一个微处理器芯片 Intel 4004，并用它组装成世界上第一台微型计算机 MCS-4。从此，微型计算机异军突起，受到人们的高度重视，新产品潮水般涌向市场，推动着社会的前进、经济的发展和市场的繁荣。

微处理器是微型计算机的重要构件，是推动微型计算机迅速发展的真正动力。为此，我们先介绍微处理器的分类和发展历程。

1. 微处理器的分类和发展历程

我们可以从不同角度对微处理器进行分类：若按机器内部结构来分，微处理器可以分为位片式、单片式和多片式；若按制造工艺来分，微处理器通常分为 MOS 型和双极型。由于微型计算机的性能在很大程度上是由它所采用的微处理器类型决定的，因此微处理器通常以字长为标准来分类，如表 1-1 所示。

表 1-1 微处理器和微型计算机的各阶段发展历程和特点

特点 项目	时代 第一代 1971—1973 年	第二代 1974—1978 年	第三代 1978—1981 年	第四代 1981—1992 年	第五代 1992 年至今
制造工艺 集成技术	PMOS LSI	NMOS LSI	HMOS/NMOS LSI/VLSI	NMOS/CMOS SLSI	NMOS/CMOS SLSI/ULSI
集成度	0.12~0.2 万 晶体管/片	0.5~0.9 万 晶体管/片	2~6.8 万 晶体管/片	10 万以上 晶体管/片	80 万以上 晶体管/片
字长 (位)	4/8	8	16	32	64
基本指令 执行时间	10~20 μ s	1~1.3 μ s	<1 μ s	<125 ns	<10 ns
引脚数 (条)	16/24	40	40~68	64~100	
典型微 处理器	Intel 4004 Intel 8008 TMS 1000 PPS-4	Intel 8080 Intel 8085 M6800 M6809 Z80	Intel8086/8088 Z8000 M68000 LSI-11/23 Intel 80186/ 80286	Intel 80386 Intel 80486 Z80000 HP9000 M68020	Alpha 21064/ 21164 R4000/8000 PA-RISC7100 Pentium-100 Power PC601
典型微型 计算机	MCS-4 MCS-8	CS 系列 H89 TRS-80 APPLE-II	IBM-PC/XT IBM-PC/AT HP98360CT Intel 86/330	IBM-PC/486 IBM-PC/586 LTE Elite 400E Win DX4/ 75	DEC 300/500 Axp IBM RS6000 500 HP9000/765
应用领域	1. 家用电器 2. 计算器 3. 简单控制	1. 智能终端 2. 仪器仪表 3. 工业控制 4. 教学 5. 数据处理	1. 实时控制 2. 数据库 3. 事务处理 4. 科学计算 5. 分布式系统 6. 局域网	1. 事务处理 2. 多用户数据 处理 3. 科学计算 4. 多微处理器 系统 5. 局域网 6. 工作站	1. 图形工作站 2. 大型计算机 网中的服务器 3. 信息管理系 统 4. 大、中型机 的构件

注：LSI (Large Scale Integration) 表示大规模集成电路；VLSI (Very Large Scale Integration) 表示甚大规模集成电路；SLSI (Super Large Scale Integration) 表示超大规模集成电路；ULSI (Ultralarge Scale Integration) 表示特大规模集成电路。

从微处理器诞生到现在二十多年来，其制造技术发生了巨大变化，它的发展速度是惊人的。综合起来其发展进程可分为五个时代：

(1) 第一代微处理器 (1971—1973 年)

这个时期是微处理器发展的初级阶段，其产品均为 4 位或 8 位低档机。代表产品有 Intel 公司的 Intel 4004、Rockwell 公司的 PPS-4、TI 公司的 TMS1000 系列机等。这类微处理器的主要特点是采用 PMOS 工艺和 10 μ m 光刻技术，集成度为 1200~2000 只晶体管/片，基本指令的执行时间为 10~20 μ s，引脚数为 16/24。4 位或 8 位低档微处理器虽然运算能力差，但价格低廉，主要用在电冰箱、电视机、录音机、游戏机、计算器和仪器仪表等方面。

(2) 第二代微处理器 (1974—1978 年)

1974—1978 年是微处理器发展的第二阶段。这个时代的微处理器为 8 位中档和高档机, 前期生产的为中档机, 代表产品有 Intel 公司的 8080、Motorola 公司的 M6800、Rock-well 公司的 PPS-8 等; 后期生产的多为高档机, 是一种向 16 位机过渡的产品, 代表产品有 Intel 公司的 8085、Zilog 公司的 Z80、Motorola 公司的 M6809 等。这些微处理器的集成度高、功能强、指令周期达到了 $1\mu\text{s}$ 。与此同时, 各类 I/O 接口芯片相继问世, 1977 年还生产出 16 K 位的动态存储器。利用上述器件构成的微型计算机及其系统开始进入实用阶段。例如 Cromemco 系统公司开发的 CS 系列微型计算机和 Apple 公司的 Apple-II 机都是当时十分流行的机种。

(3) 第三代微处理器 (1978—1981 年)

1978 年 Intel 公司研制成了 16 位微处理器 Intel 8086 (集成度为 2.9 万只晶体管/片), Zilog 公司研制成 Z8000 (集成度为 1.75 万只晶体管/片), Motorola 公司也推出了 M68000 (集成度为 6.8 万只晶体管/片) 这些处理器的特点是采用 HMOS 工艺和 $4\mu\text{m}$ 光刻技术, 指令执行时间为 $0.5\mu\text{s}$, 使微型计算机功能达到了小型计算机水平。

在 16 位微处理器问世的同时, Intel 公司还推出了准 16 位微处理器 Intel 8088, 该处理器内部执行 16 位运算, 对外只能以 8 位数据方式传送, 故它能有效地和其它 8 位机兼容, 从而为 IBM 公司开创了 IBM-PC 系列机走红世界的时代。

小型机微型化也是那个时代里发展 16 位微型机的另一条途径, 美国 DEC 公司的 LSI-11/23 和 LSI-11/24 就是从小型机 PDP-11/23 和 PDP-11/24 中微型化出来的。

实际上 16 位微型计算机是在 1983 年以后才开始成熟起来的, 到 1989 年才开始大量生产。特别是 Intel 公司的高档微处理器 Intel 80186 和 Intel 80286 以及 Motorola 公司的 M68010 (集成度为 10 万只晶体管/片) 相继投放市场以来, 16 位微处理器的发展达到了顶峰, 也为 32 位微处理器的诞生铺平了道路。

16 位微处理器主要用来构成当时的 16 位微型计算机和微型计算机系统, 并在分布式系统和微型计算机网络中立下过汗马功劳。例如大家熟悉的 IBM-PC/XT 和 IBM-PC/AT 机就是典型的 16 位微型计算机, 曾经广泛用于那个时代的科学计算、数据处理以及工业控制中的后台机等。

(4) 第四代微处理器 (1981—1992 年)

1980 年 10 月, 美国 NS 公司首先制成 32 位微处理器 NS16032。Intel 公司也于 1991 年初推出了 32 位微处理器 iAPX432。此后美国的 HP 公司、Bell 公司、Motorola 公司和 Zilog 公司都相继推出了各自的 32 位微处理器。

这些早期的 32 位微处理器大致分为两类: 一类是准 32 位微处理器, 即片内为 32 位和片外为 16 位, iAPX432 和 NS16032 就是属于这类微处理器; 另一类是真正的 32 位微处理器, 这类微处理器有 HP9000、MAC-32、M68020 和 Z80000 等。这些 32 位微处理器具有更高的集成度、更快的运算速度和更低的成本。例如: HP 公司的 HP9000 集成度高达 45 万只晶体管/片, 时钟频率达 18 MHz, 微周期为 55 ns。

20 世纪 80 年代后期, Motorola 公司先后推出高档 32 位微处理器 MC68030 和 MC68040, Intel 公司也相继推出先进的 32 位微处理器 Intel 80486。这些高档 32 位微处理器的显著特点是吸取了大中型计算机的体系结构和采用了先进的超大规模集成电路 SLSI (Super large

Scale Integration) 技术、多级流水线和虚拟存储管理技术。这些技术的采用,使 32 位微处理器的集成度和运算速度更上一层楼。IBM-PC/80486 和 IBM-PC/80586 就是采用这种高性能 32 位微处理器做成的最典型的个人计算机。

(5) 第五代微处理器 (1992 年以后)

自 1992 年以来,微处理器进入了第五个发展阶段,即 64 位微处理器发展时代。1991 年 11 月,美国 MIPS 公司率先推出 64 位 RISC 型微处理器 R4000。1992 年 1 月,DEC 公司也宣布制成了 64 位微处理器 Alpha 芯片。这些芯片的最主要特点是采用了整数嵌入技术和浮点运算器以及超通道技术,每个机器周期可以执行 2 条指令,因而芯片的集成度和运算速度均大大优于 32 位微处理器。

1994 年以来,64 位微处理器又有了锦上添花的发展。例如:MIPS 公司研制成了 RISC R8000,DEC 公司推出了 Alpha 21164, Silicon Graphics 公司也宣布了 Power Challenge 系列芯片问世等等。这些芯片的突出优点是集成度有了新的突破,例如 Intel 公司的 Pentium-100 集成度高达 510 万只晶体管/片。此外,由于整数和浮点运算部件采用了超级流水线式结构,因此微处理器的运算速度刷新了超级计算的新面貌,从而使它的性能达到了现有巨型机的水平。可以相信,随着特大规模集成电路 ULSI (UltraLarge Scale Integration) 和巨大规模集成电路 GLSI (Great Large Scale Integration) 的飞速发展,64 位微处理器技术还会向纵深发展。

2. 微型计算机的发展动向

大家知道,微处理器是微型计算机的核心构件,它在很大程度上决定了微型计算机及其系统的性能指标。因此,微型计算机具有和微处理器相同的分类方法及发展过程,在此不再赘述。这里我们主要是要讨论微型计算机发展过程中的新问题和新动向。

在今后一个时期内,微型计算机的发展前景主要体现在以下三个方面:

(1) 低档微型计算机的发展

这里所说的低档微型计算机主要是指由 4 位、8 位和 16 位微处理器芯片所构成的微型计算机,这类机器主要是广泛应用在家用电器、仪器仪表和过程控制等领域,成为它们不可缺少的组成部分。在这类微型计算机中,单片微型计算机功能强、价格低、精巧灵活,具有无限的生命力,尤其受到人们的欢迎。因此,低档微型计算机一定会经久不衰,今后还会有一些通用和专用的新产品投放市场,满足各方面和各个领域的需求。

(2) 32 位和 64 位微型计算机的发展

32 位微型计算机的发展尚未停息,目前正处在进一步完善和发展阶段,新的产品还在继续涌现,尤其是软件的发展。32 位微型计算机有通用和专用两类:通用 32 位微型计算机常常做成微型计算机系统,如目前广泛流行的 IBM-PC/486、IBM-PC/586 和 Packard Bell 公司的全能个人电脑等;专用 32 位微型计算机常做成工作站和网卡,活跃在信息管理系统和通信系统中,如 SUN 公司的 SPARC station LX、HP 公司的 HP9000-715/33 和 IBM 公司的 RS6000M20 等等。32 位微型计算机的共同特点是运算速度快、主存容量大和有丰富的软件,特别适合于办公自动化、电气或机械 CAD、地理信息系统、科学可视化和统计分析等方面。

64 位微型计算机正方兴未艾,用目前已经上市的 64 位微处理器制成的工作站机有 HP9000-765、IBM RS6000-570 和 DEC 3000Model 500AXP 等等。64 位微型计算机具有比 32 位机更高的运算速度、更大的主存容量和更强的图形功能,尽管其软件还在发展之中。例如:

HP9000-765 工作站机的浮点运算速度为 40.5 M FLOPS (DP), 主存容量为 768 MB, 最大磁盘容量为 297.5 GB。可以预料, 64 位微型计算机及其系统必将进一步蓬勃发展, 成为 21 世纪初微型计算机发展的主流。

(3) 多微处理器系统的发展

多微处理器系统是一种有多个微处理器并行运算的系统, 其运算速度和工作性能不仅取决于所用微处理器的类型, 而且和所用微处理器的数量有关。近年来, 多微处理器系统有了长足的进步。例如: Intel 公司采用 30 个 Intel 80386 研制成的 IPSC 机, 其性能相当于 IBM 3090 系列中最高档的大型机, 而价格则只有后者的十分之一。

在多微处理器系统的猛烈冲击下, 现有大型机市场摇摇欲坠, 大型机厂商惶惶不可终日。为了求得生存, 大型和巨型机厂商在加紧发展微型计算机的同时, 纷纷改变策略, 转而使大型和巨型机采用多微处理器系统类似的结构体系——并行结构。例如, 目前已经投入运行的超级计算机 NCube 2 就包含了 8 192 个微处理器, 由 65 000 个微处理器组成的 NCube 3 型机也在研制之中。

随着微机的发展, 网络不再是陌生的名词, 大到国际互连网, 小到几台计算机组成的微型网, 人们足不出户就可漫游世界。随着人们对计算机的企盼, “智能化”成为计算机的发展目标。

3. 计算机的特征

计算机作为一种能够对信息快速而精确地进行处理的电子设备, 它广泛应用于现代社会的各个领域, 其某些功能是人力所不能及的。具体地讲, 计算机具有以下几个方面的特征:

(1) 运算速度快

现在计算机的运算速度已达每秒几十万次到上百万次, 大型计算机的运算速度甚至可达每秒千万次。计算机的高速运算能力可应用于天气预报、地质测量等高科技尖端科技中。我国研制成功的“银河”计算机, 它的运算速度为每秒几亿次, 这相对于人的运算能力来说, 简直是不可想象的。

(2) 计算精度高

计算机在进行数值运算时能够达到很高的精度。在常用的数学用表中, 数值的结果只能达到 4 位。如果要达到 8 位或 16 位的话, 用手工计算就要花费很多的时间, 而对于计算机来说, 让它来快速而又精确地生成 32 位或 64 位的数学用表不是一件难事。

计算机的计算高精度性常运用于航空航天、核物理等方面的数值计算中。

(3) 超强的记忆能力

计算机能够把数据、指令等信息存储起来, 在需要这些信息时再将它们调出。描述计算机记忆能力的是存储容量。常用的存储容量的单位有: B (字节) KB ($1\text{KB}=2^{10}$ 字节) MB ($1\text{MB}=2^{20}$ 字节) 等。现在有的硬盘存储器的存储容量已达数个 GB (2^{30} 字节)

(4) 具有逻辑判断功能

计算机不仅能够完成加、减、乘、除等数值运算, 还能实现逻辑运算, 运算的结果为“真”或“假”。在一定条件下, 计算机可以对提出的问题进行选择, 并根据逻辑运算的“真”或“假”来进行逻辑判断。计算机的这种功能可以用来实现事务处理, 广泛用于各种管理决策中。

(5) 实现自动控制

用户只要将编制好的程序输入计算机，然后发出执行的指令，计算机就能自动完成一系列预定的操作。工业、农业和其它的各个行业中都可以使用计算机来实现生产控制和事务管理的自动化，这样既节省人力、提高劳动效率，又可以提高产品质量、增加效益。如今我国已有很多现代化企业在使用计算机来管理生产。

计算机所具有的各种显著的优点，使它广泛应用于工厂、机关、学校、银行、商店等，特别是多媒体技术的推广，使计算机走进了千家万户，越来越成为人们日常生活中不可缺少的助手和朋友。

4. 计算机的分类

根据计算机的各项综合性能指标，人们将计算机分为以下几类：

(1) 巨型机

巨型机是指那些运算速度在每秒亿次以上的计算机。巨型机目前在国内还不多，我国研制成功的“银河”计算机就属于巨型机。目前，美国研制出的巨型机其运算速度已达每秒 1000 亿次以上。

(2) 大、中型机

运算速度在每秒几千万次左右的计算机为大、中型机，通常用在国家级科研机构以及重点理工院校。

(3) 小型机

小型机的运算速度在每秒几百万次左右，通常用在一般的科研机构、设计机构以及普通高校等。

(4) 微型机

微型机也称为个人计算机（PC 机）是目前应用最广泛的机型。如通常所说的 386、486、586 等机型都属于微型机。它们的运算速度也可达每秒百万次以上。

微型机与其它机型不同的特点是：巨、大、中、小型机的中央处理器 CPU 具有分时处理的能力，都是一个主机带有若干个终端或外设。而微型机往往都是由单个终端组成，体现了“个人计算机”的特点。

(5) 工作站

工作站主要用于图形图像处理 and 计算机辅助设计中，实际上是一台性能更高的微机。

另外，还有按 CPU 的字长来分的，可分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位等及位片式微机。

今后，计算机的发展将走向两个极端：一个是巨型化，一个是微型化。

二、微型计算机的概念及它的组成和结构

随着微型计算机的高速发展，单片微型计算机、单板微型计算机、微型计算机系统、微型计算机开发系统和计算机网络工作站等等新机种不断涌现。为了学习掌握好微型计算机，从概念上弄清微型计算机和这些新机种之间的异同十分重要，读者应予重视。

1. 微处理器的概念

微处理器 (Microprocessor) 是高新技术的产物, 是集成在同一块芯片上的具有运算和控制功能的中央处理器, 称为 MPU, 简称为 μP 或 MP。微处理器不仅是构成微型计算机、微型计算机系统、微型计算机开发系统和计算机网络工作站的核心部件, 而且也是构成多微处理器系统和现代并行结构计算机的基础。例如: 日本富士通公司在 1997 年推出具有 128 个 MPU 的并行处理机, 其运算速度高达 5000 MIPS。

2. 微型计算机的概念

微型计算机 (Microcomputer, 简称为 μC 或 MC) 一词是 20 世纪 70 年代初产生的, 这和今天人们所说的微型计算机在概念上不完全相同, 前者是原始的, 是针对原来的三代电子计算机而言的; 后者有了发展, 变成当代社会发展的特征词。我们当然不是正本清源, 但弄清这个问题是十分重要的。

按照原始的概念, 微型计算机是指由中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、半导体存储器、I/O 接口和中断系统等集中装在同一块或数块印刷电路板上所构成的计算机, 它通常包括如下几种类型:

(1) 单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)

单片微型计算机是一种把微处理器、半导体存储器、I/O (Input/Output) 接口和中断系统集成在同一块硅片上的有完整功能的微型计算机, 这块芯片就是它的硬件, 软件程序就存放在片内的只读存储器内。其实, 单片机很难和被控对象直接进行电气连接, 故在实际应用中单片机总要通过这样或那样的接口芯片和被控对象相连。

单片微型计算机具有体积小、重量轻、价格低和可靠性好等许多优点, 常在家用电器、智能仪器仪表和工业控制领域中应用。

(2) 单板微型计算机 (Single Board Microcomputer)

单板微型计算机是一种把微处理器、半导体存储器、I/O 接口和中断电路等芯片集中装在同一块印刷电路板上的微型计算机。在这块印制板上, 通常还装有简易键盘和发光二极管, 只读存储器中还固化有容量不大的监控程序。

单板微型计算机具有单片机类似的优点, 常做成专用的过程控制机投放市场。

(3) 多板微型计算机 (Multi-board Microcomputer)

顾名思义, 多板微型计算机是一种把构成微型计算机的功能部件分别组装在多块印刷电路板 (如: 存储器扩充板、显示器板) 上, 并通过同一机箱内的总线插槽连成一体的微型计算机。这种多板结构的微型计算机功能很强, 常常可以通过选用不同的印刷电路插件板达到在不同场合使用的目的。

3. 微型计算机系统的概念

微型计算机系统 (Microcomputer system, 简称为 μCS 或 MCS) 是在多板机基础上发展起来的, 是一种更高层次上的微型计算机, 它通常有齐全的硬件和更为丰富的软件资源。

微型计算机硬件是在前述多板机基础上配以必要的外部设备和电源等组成的, 外部设备通常有键盘、磁盘机、磁带机、CRT 显示器和打印机等。软件资源分为系统软件和应用软件两类, 最基本的系统软件 BIOS 常常固化在只读存储器内, 开机后由引导程序自己引导, 其余

软件可以通过磁盘机或盒式磁带机随时输入机器，操作人员的命令由键盘输入。

迄今为止，投放市场的微型计算机类型很多，性能差异很大，用户可根据需要加以挑选。例如：IBM-PC/486DX 就是微型计算机系统中最典型的一种，它价廉物美深受用户的好评。

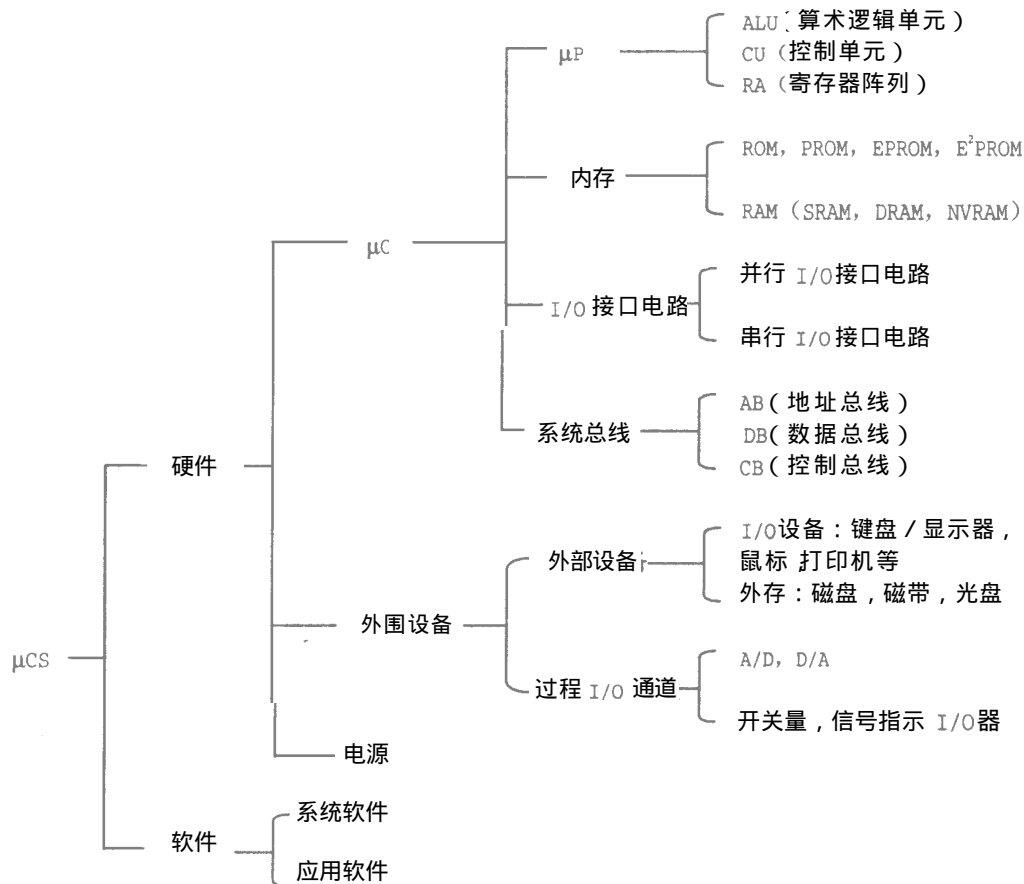
4. 微型计算机开发系统的概念

微型计算机开发系统是一种有专门用途的微型计算机系统，也有齐全的硬件和丰富的软件资源。它不仅可以用来设计和调试微型计算机样机，而且也可用来为样机开发适销对路的软件。

微型计算机开发系统常常有通用、专用和多功能之分。专用微型计算机开发系统可以专门用来开发采用某种特殊微处理器的微型计算机，并为它设计专用的程序。通用微型计算机开发系统内部常可配置多种型号的微处理器，用于开发采用相应微处理器的微型计算机。多功能微型计算机开发系统内部常装有在线仿真器，通过更换仿真器上的微处理器达到多功能开发各种通用和专用微型计算机样机的目的。

5. 微型计算机系统的组成

微型计算机系统与一般电子计算机结构上的共同之处在于：它们都是由硬件和软件两大部分组成，其各部分组成关系可归纳如下：



(1) 硬件

微型计算机硬件是机器的实体部分，其组成主机的各个部件—— μP 、RAM、ROM 和 I/O 接口

电路将在后面各章讲述 并从系统设计和连接的原则、方法出发 将之接入系统。

(2) 软件

微型计算机软件分为系统软件 and 用户软件（应用软件）。系统软件是指不需要用户干预的能生成、准备和执行其它程序所需的一组程序。用户软件是各用户为解题或实现检测与实时控制等不同任务所编制的应用程序。究竟应配置多少系统软件才能满足特定计算机系统的需要，这取决于具体的用途。此外，系统软件还可包括各种高级语言翻译程序、汇编程序、文本编辑程序以及辅助编写其它程序的程序。

程序设计分为 3 级：

- 机器语言程序设计；
- 汇编语言程序设计；
- 高级语言程序设计。

机器语言程序是计算机能理解和直接执行的程序。汇编语言程序是用助记符语言表示的程序，计算机不能直接“识别”需经称之为汇编程序的翻译把它转换为机器语言方能执行。机器语言指令与汇编语言指令基本上——对应，都面向机器。而高级语言是不依赖于具体机型只面向过程的程序设计语言 用它所编写的程序 需经过编译程序或解释程序的翻译方能执行。

(3) 操作系统 (OS)

操作系统是一套复杂的系统程序，用于提供人机接口和管理、调度计算机的所有硬件与软件资源，其中最为重要的核心部分是常驻监控程序。计算机开机后，常驻监控程序始终存放在内存中，它通过接收用户命令，并启动操作系统执行相应的操作。操作系统还包括 I/O 驱动程序和文件管理程序。

应当指出 硬件系统和软件系统是相辅相成的 共同构成微机系统 缺一不可。现代计算机的硬件系统和软件系统之间的分界线并不明显 总的趋势是两者统一融合 在发展上互相促进。

人是通过软件系统与硬件系统发生关系的。通常，人们使用程序设计语言编制应用程序，在系统软件的干预下使用硬件系统。

对于一台计算机而言，其硬件和软件数量视具体应用场合不同而异。

6. 微机硬件系统结构

所谓微机硬件系统结构是指按照总体布局的设计要求将各部件构成某个系统的连接方式。一种典型的微机硬件系统结构如图 1-1 所示，图中，用系统总线将各个部件连接起来。

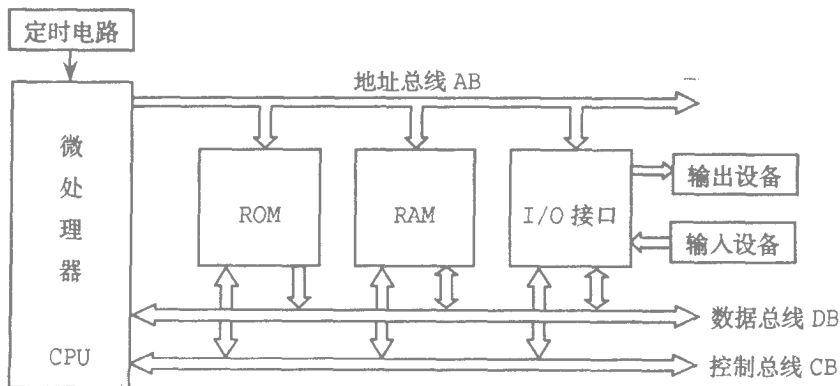


图 1-1 典型的微机硬件系统结构

系统总线是用来传送信息的公共导线，它们可以是电缆，也可以是印刷板上的连线。所有的信息都通过总线传送。通常，根据所传送信息的内容与作用不同，可将总线分为 3 类：数据总线 DB (Data Bus) 地址总线 AB (Address Bus) 控制总线 CB (Control Bus)。这是一种单总线系统结构，系统中各部件均挂在单总线上，所以又称为面向系统的单总线结构。

在微型计算机中有两股信息流（数据信息流和控制信息流）在流动。在单总线系统中，通过单总线实现微处理器、存储器 and 所有 I/O 设备之间的信息交换。由于各部件均以同一形式挂在单总线上，结构简单、易于扩充，所以目前绝大多数微机硬件系统均采用这种结构。

7. 微处理器的基本结构

微型计算机中的运算器和控制器合起来称为 CPU，又因为 CPU 通常集成在一块大规模或超大规模集成电路芯片上，所以人们把 CPU 称为微处理器 (Microprocessor)。显然，微处理器本身不能构成独立工作系统，因此它并不能独立地执行程序。由于历史的原因，目前人们至今还混用微处理器和微处理机这两个名词，实际上，可以认为它们具有相同的含义。

微处理器由于工艺技术和生产成本等方面的原因，在管脚数、芯片面积和器件速度上都受到限制，因此微处理器在结构上采取了一系列特殊的措施，例如采用单总线、累加器结构，管脚功能复用，广泛采用三态电路 (TSL) 等。

芯片面积的限制将直接影响到微处理器内部寄存器的数目和数据通路的宽度（即通常所说的多少位机）、管脚数目，指令系统的规模和复杂程度，所以为了节省芯片面积，绝大多数微处理器内部都采用单总线、累加器为基础的结构。

封装尺寸和管脚限制会影响微处理器使用的方便性，所以微处理器的部分管脚设计为功能复用，即一条管线有一个以上的用途。例如，不论是外围设备或存储器，其数据的输入/输出传送共用一组数据总线。为此，数据总线应有双向传送能力，且与存储器和外围设备共用。为解决数据总线双向传送问题，微处理器中设计了一条“读/写”线，当这条线为高电平时表示数据总线处于输入状态，反之则表示数据总线处于输出状态。

为了节省芯片面积，微处理器内部采用了单总线结构。因为单总线结构简单，增减设备方便，所以微型计算机各组成部分之间的连接也采用单总线结构，这就意味着微处理器的某些管脚可能同时接多个设备和功能器件。例如微处理器的地址和数据管脚就可能同时接有多个输入、输出接口芯片，这些接口芯片有的是信息源，有的是信息目的地，而在某一时刻，这些芯片只能有一个工作，而且它工作时不应影响那些不工作的芯片，以免引起总线冲突和互相串扰。解决这个问题的办法是采用可控的三态电路，它除了通常逻辑部件具有的“0”和“1”两个状态外，还有第三种状态，即高阻状态。这样，当某器件和设备不工作时，尽管它们在硬接线上依然连着总线，由于与总线相连的三态电路处于高阻态，就像开路一样，因而对总线不产生影响。

采用总线分时复用技术是解决微处理器管脚不够的重要措施。8 位微处理器 8085，16 位微处理器 8086 都采用这种技术。例如，8086 微处理器有 40 条管脚，它可寻址的内存达 1M 字节，需要 20 根地址线，如果数据线单独占用 16 根管脚，那么芯片管脚显然不够用。为此，8086 的地址总线和数据总线共同使用同一组总线，其中地址线 $A_{15} \sim A_0$ 与数据线 $D_{15} \sim D_0$ 共用管脚， $A_{19} \sim A_{16}$ 与 4 条状态线共用管脚，分时使用总线可以节约管脚，但却是以延长信息传送时间为代价的，操作时间约增加 30%，同时必须增加相应的辅助电路，因而增加了系统的复杂性。

典型微处理器的内部结构框图如图 1-2 所示。为了减少连线占用面积，图中采用内部单总线，即内部所有单元电路都挂在内部总线上，分时使用总线。由图可见，微处理器内部主要由四部分组成，为这四部分是：

(1) 寄存器阵列 RA (Register Array)

包括通用寄存器 $R_1 \sim R_8$ 和专用寄存器 SP、PC 等，其中 $R_1 \sim R_8$ 用来暂时存放数据和地址，是微处理器内部的临时存储单元。由于 CPU 可以直接处理其中的数据和地址，因此可以减少访问存储器的次数，从而提高运算速度。对八位微处理器来说，每一个通用寄存器 R 由 8 位触发器组成，并和内部数据总线进行双向连接，由多路转换器确定哪个寄存器参加工作。通用寄存器的数目越多，微处理器的功能就越强，运行速度就越快。

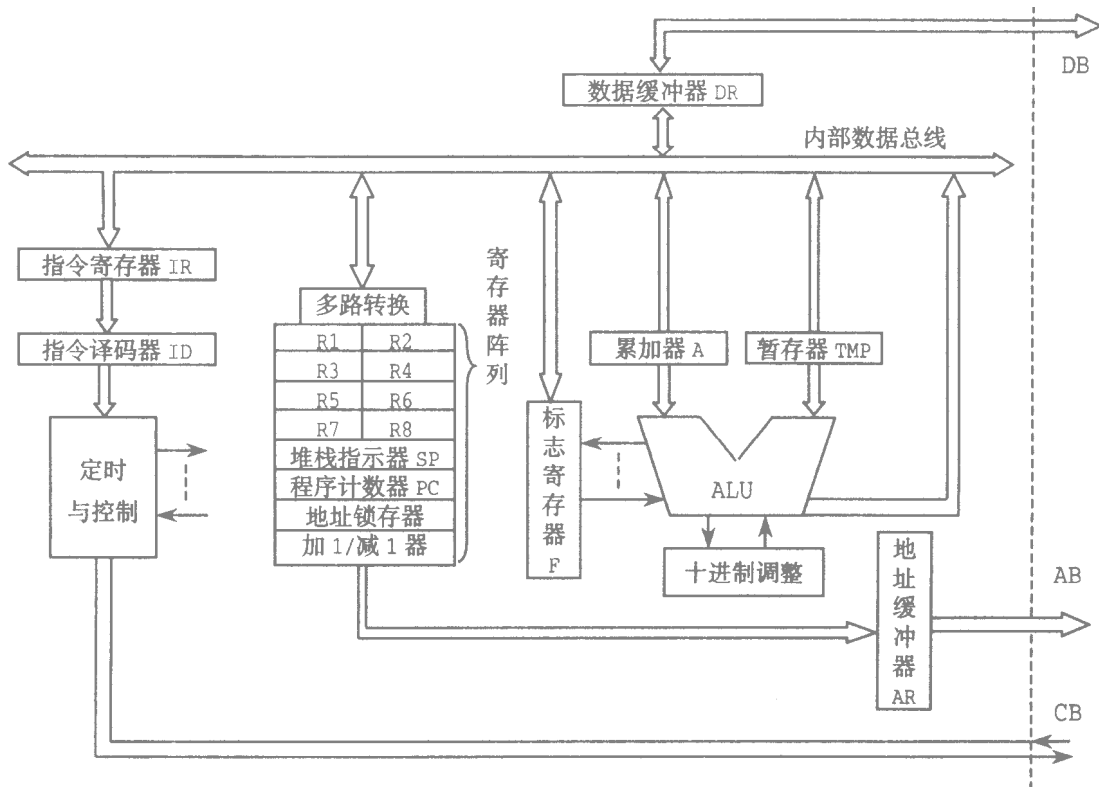


图 1-2 八位微处理器的内部结构框图

程序计数器 PC (Program Counter) 是一个 16 位寄存器，是专门设置来存放现行指令的 16 位地址的。每当取出现行指令地址后，PC 就自动加 1 (转移时除外) 以指向下一条指令的地址。如果指令是多字节的，则每取一个字节，PC 自动加 1，当取完一条指令的所有字节之后，PC 仍指向下一条指令的地址。一般指令按顺序执行，因此 PC 用来控制程序执行的顺序，为执行的程序计数。仅当执行转移指令时，PC 的内容才由转移地址取代，从而改变程序执行的正常次序，实现程序的转移。

堆栈指针 SP (Stack Pointer) 是用来指示 RAM 中堆栈栈顶地址的 16 位寄存器。堆栈存储器是数据暂时堆放的场地，每当一个数据 (8 位) 推入或弹出时，SP 的内容自动减 1 或加 1，以保证始终指向栈顶地址。

(2) 运算器

运算器是在控制器控制下对二进制数进行算术逻辑运算及信息传送的部件，由累加器 A、暂存器 TMP、算术逻辑单元 ALU、标志寄存器 F 及其它逻辑电路组成。

- 累加器 A (Accumulator) 累加器本身没有运算功能，但它是协助算术逻辑单元 ALU 完成各种算术逻辑运算的关键部件之一。它有两个功能：运算前寄存第一操作数，是 ALU 的一个操作数的输入端；运算后存放 ALU 的运算结果。它既是操作数寄存器又是结果寄存器。

- 暂存器 TMP (Temporary) 是用来暂存从内部数据总线送来的，来自寄存器或存储器单元的另一操作数，是 ALU 的另一个操作数的输入端，它只是一个内部工作寄存器，不能由使用者用程序控制。

- 算术逻辑单元 ALU (Arithmetic Logic Unit) 由并行加法器和其它逻辑电路（如移位电路、控制门等）组成。完成各种算术逻辑运算及其它一些操作。它以累加器 A 的内容作为第一操作数，以暂存器 TMP 内容作为第二操作数，有时还包括由标志寄存器 F 送来的进位标志，操作结果送 A 中保存，标志送 F 中保存。

- 标志寄存器 F (Flag) 或称程序状态字 PSW 标志寄存器是用来保存 ALU 操作结果的特征状态的，如运算结果有无进位、运算结果是否为零等。不同的微处理器所表示的特征不完全相同，但却可以作为控制程序转移的判断条件。

(3) 控制器

控制器是对输入的指令进行分析，并统一控制和指挥计算机的各个部件完成一定任务的部件。在控制器的控制下，机器就能自动、连续地按照人们编好的程序，实现一系列指定的操作，以完成一定的任务。

控制器由指令寄存器 IR (Instruction Register)、指令译码器 ID (Instruction Decoder) 和定时控制电路 (Timing and Control) 组成。CPU 根据程序计数器 PC 指定的地址，首先把指令的操作码从存储器取出来由数据总线 DB 输入到 IR 中寄存，然后由指令译码器 ID 进行译码，以确定该指令应执行什么操作并产生相应的控制电位。每一种控制电位对应一种特定的操作（又称微操作），最后通过定时和控制电路，在外部时钟 ϕ 的作用下，将 ID 形成的各种控制电位，按时间的先后顺序，按节拍发出执行每一条指令所需要的控制信号，指挥系统对适当的部件，于适当的时间，去完成适当的操作，有条不紊地完成指令规定的任务。

(4) 数据和地址缓冲器

简称总线缓冲器，是数据或地址信号的进出口。用来隔离微处理器内部总线和外部总线，并提供附加的驱动能力。8 位微处理器的数据总线缓冲器是 8 位的双向三态缓冲器，地址总线是 16 位的单向（输出）三态缓冲器。

8. 存储器概述

(1) 基本概念

存储器是用来存放程序 and 数据的。在机器内部，程序和数据都是用二进制代码的形式表示。理论上机器应以 e 进制最快，由于 e 非整数，故采用二进制 0 和 1。

在微机中，一般用 8 位二进制代码作为一个字节 (Byte)。用两个或几个字节组成一个字 (Word)。如果用字表示一个数，称为数据字；表示一条指令，称为指令字。数据字和指令字也可以用双倍字长或多倍字长表示。

微机的字长多为 8 位和 16 位，高档微机的字长可达 32 位或 64 位。目前，用于工业控制的微机，其典型的字长为 8 位。

一个存储器可划分为很多存储单元。存储单元中的内容为数据或指令。为了能识别不同的单元，我们分别赋予每个单元一个编号。这个编号称之为地址。显然，各存储单元的地址与该地址中存放的内容是完全不同的意思，不可混淆。

(2) 存储器组成

现假定存储器由 256 个单元组成，每个单元存储 8 位二进制信息，即字长为 8 位，其结构简图如图 1-3 所示。这种规格的存储器通常称为 256×8 位的读/写存储器。

从图中可见，随机存取存储器由存储体、地址译码器和控制电路组成。

存储体共有 256 个存储单元，其编号从 00H (十六进制表示) 到 FFH，即从 00000000 到 11111111。

当对指定的存储单元进行读或写 (统称为访问 Access) 时，应该首先将存储器单元的地址送入地址寄存器 AR，然后由地址译码器

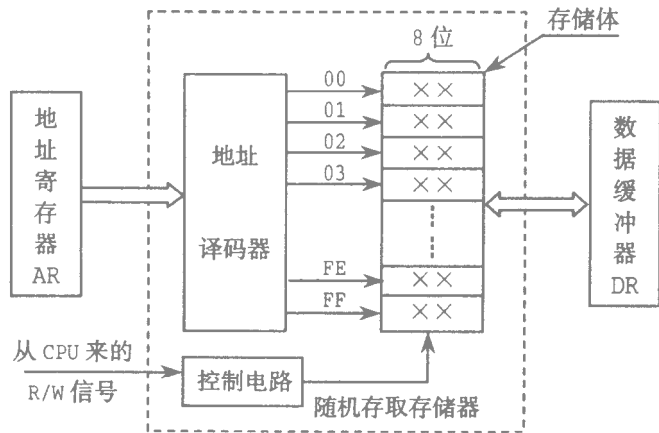


图 1-3 随机存取存储器结构简图

译码，从 256 个存储单元中选择指定的那个存储单元，并在 CPU 发来的控制信号 \overline{RD} (读) 或 \overline{WR} (写) 的控制下，将其中存放的信息 $\times\times$ (8 位) 读出到数据缓冲器后再输出，或者将由数据缓冲器输入的 8 位信息 $\times\times$ 写入到所指定的存储单元中。前者称为读存储器操作，后者则为写存储器操作。

(3) 读 / 写操作过程

• 读操作 读操作之前，存储单元中已经存放有信息。例如图 1-4 (a) 中执行读操作，可把地址为 00H 单元中存放的信息 00111110B (即 3EH) 读到 CPU 中。

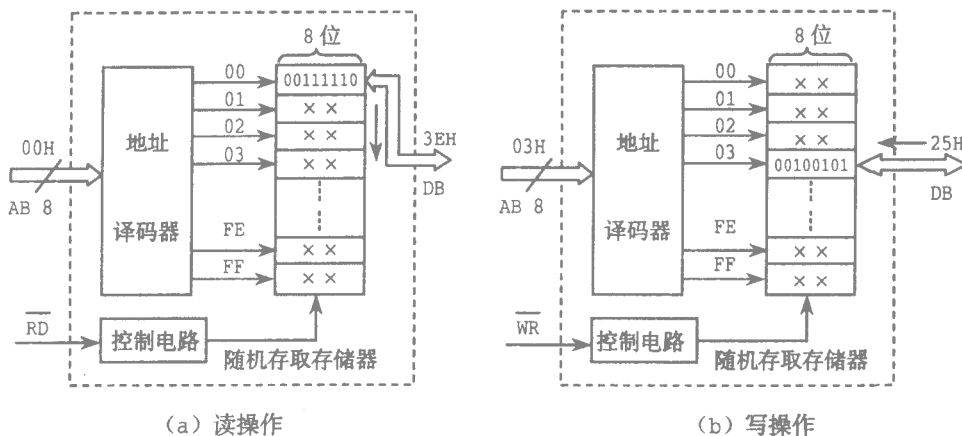


图 1-4 存储器操作示意图

。写操作 即是把 CPU 中的信息存入某一指定的存储单元中的操作。例如，图 1-4 (b) 中的写操作是把信息 25H 通过 DB 总线存入 03H 单元。

读操作完成后，原存储单元中的内容仍保持不变，这种特点称为非破坏性读出 (NDRO—Non Destructive Read Out)。这一特点很重要，因为它允许多次读出同一单元的内容。

应当注意，对存储单元执行写入操作将破坏该存储单元原存储的内容，即由新内容代替了原来存储的内容，原来储存内容将被清除。

上述类型的存储器称为随机存取存储器 RAM (Random Access Memory)。所谓“随机存取”即所有存储单元均可随时被访问，既可以读出也可以写入信息。

三、微型计算机的应用

由于微型计算机具有体积小、重量轻、价格低、可靠性高、耗电少和灵活机动等许多优点，因此它的应用范围很广，应用前景十分美好。迄今为止，微型计算机不仅在工业、农业、国防、科学技术和国民经济各个领域发挥了巨大作用，而且在日常生活中也日益显示出它的强大生命力。归纳起来，主要有以下几方面：

(1) 科学计算

在许多科技部门和工程设计单位，常常需要进行大量的数值计算，这些数值计算问题用人工方法是无法完成的，通常都要借助于价格昂贵的大、中型甚至巨型计算机才能完成。例如；18 世纪英国数学家商克斯花了 20 年时间才把圆周率计算到小数点后 707 位，但在今天的大型机上仅用了 6.8 小时就使它超过了 800 万位小数。

今天，微型计算机的性能已经达到大、中型计算机的水平，并正在向巨型机方向迈进，而造价却比它们低得多。因此，采用微型计算机进行科学计算是最理想的选择。

(2) 数据处理和信息管理

数据处理通常是指计算机对实时采集的和人工送入的大量数据进行加工处理、转换分析、反馈控制、显示打印和发送远传的过程。这在航空、航天、邮电通信、军事科学和工业控制中的应用十分广泛，如地面卫星接收系统、防空警戒雷达系统、导弹和反导弹控制系统以及工矿实时控制系统等等。

信息管理是指计算机对人工输入信息和历史信息进行分类检索、查找统计、绘制图表和输出打印的过程。信息管理在信息管理系统中进行。信息管理系统可以是单个的高档微型计算机，也可以是一种不同类型的计算机网络系统，如飞机订票系统、情报检索系统、气象预报、办公自动化、电子邮件系统和银行信贷系统等等。据报道，21 世纪的信息管理系统将包括形象信息系统、创新支持系统、能力库、思想工程和三利系统这样一类新概念和新系统。

(3) CAD、CAM、CAA 和 CAI 中的应用

CAD (Computer-Aided Design) 的中文含义是计算机辅助设计，是指工程设计人员借助于计算机进行新产品开发和设计的过程。CAM (Computer-Aided Manufacturing) 为计算机辅助制造，是指计算机自动对所设计好的零件进行加工的过程。CAA (Computer-Aided Assemble) 为计算机辅助装配，是指计算机自动把零件装配成部件或把部件装配成整机的过程。CAI (Computer-Aided Instruction) 为计算机辅助教学，是指教师借助于计算机对学生进行形

象化教学或学生借助于计算机进行形象化学习的过程。CAD、CAM、CAA 和 CAI 都要求有一台高性能的微型计算机或工程工作站机，其运算速度要快、存储容量要大，并要有相应软件作支持。目前，我国的 CAD 使用较为普遍，尤其在建筑、造船、机械制造和飞机制造行业中使用更为广泛。

(4) 过程控制和仪器仪表智能化

微型计算机对生产过程的控制是借助于传感器、A/D 和 D/A 转换器以及执行机构进行的。在闭环型过程控制中，过程的实时参数由传感器和 A/D 转换器实时采集，并由微型计算机自动记录、统计制表和监视报警，然后再通过 D/A 转换器和执行机构进行调节和控制。微型计算机用于过程控制的情况很普遍，例如高炉炉温的自动控制、化工厂液体流量的自动调节、电力系统自动装置的继电保护和自动化生产线的控制等等。在这类应用中，微型计算机是过程控制的核心部件，也是实现工厂自动化 FA (Factory Automation) 的基础。

所谓仪器仪表智能化，实际上是要把微处理器、存储器和其它集成电路芯片作为元器件安装在仪器仪表中，使仪器仪表按照人的意愿工作。仪器仪表智能化不仅可以使它们体积小、重量轻和精度高，而且可使仪器仪表的功能齐全，应用前景十分诱人。例如：计算机网络中的智能终端、电子工业中用的逻辑分析仪、医用 CT 扫描仪等等，都是深受用户欢迎的智能化仪器设备。

(5) 军事领域中的应用

微型计算机在军事领域中的应用虽然鲜为人知，但应用是十分广泛的。在军事上，微型计算机通常可用来帮助指挥和协调作战、进行军事通信、搜集情报、信息管理，也可以直接用在坦克、火炮、军舰、潜艇、军用飞机、巡航导弹等武器中。

微型计算机在现代军事中具有重要作用，美国国防部每年都要拨出巨款用于军用计算机的研究和开发。在 1991 年的海湾战争中，以美国为首的多国部队通过军用机器人爆破、排雷获得成功，加固计算机也证明了它的作用和价值。目前，美军正在加紧部署 C³ 战略——全球坐标网 (Global Grid)。全球坐标网使战士和传感器、数据库及指挥中心联系起来，每个行动中的士兵只要携带一个大约 1 磅重的“士兵计算机系统”就可在士兵与士兵、士兵与指挥部之间进行声音、图像和数据的传送。该“士兵计算机系统”功能齐全，作用超凡，1994 年已生产出样机。美国国防部另一最宏伟的目标是要建立一支机器人舰队，该计划打算分三个实施阶段，但最终是要实现无人指挥的全自动舰艇，舰上机器人指挥官可根据情况制订作战计划并指挥战斗。

(6) 多媒体系统和信息高速公路

多媒体系统是一种集声音、动画、文字和图像等多种媒体于同一载体或平台的系统，以实现和外部世界进行多功能和多用途的信息交流。若把多媒体化的 PC 机挂接到 Novell 网络上，用户便能得到有声有色和图文并茂的屏幕服务。多媒体技术广泛用于工业生产、教育培训、医疗卫生、商业广告和娱乐生活等方面。

近年来，“信息高速公路”的狂潮滚滚而来，美国、日本、西欧以及发展中国家和地区都在争先恐后地计划、组织和实施“信息高速公路”的建设。“信息高速公路”是一种能够将人、家庭、学校、机关、团体、商店、医院和图书馆联成一体庞大的计算机系统，是一种集计算机技术、无线电技术、声音处理技术、文件传输和可视通信技术于一体的高新技术系统。

目前美国和西欧所建成的“信息高速公路”还只是个雏型，或者说是在小范围内的“信

高速公路”。“信息高速公路”的本领很大，它可以使人们坐在家里的电脑终端旁通过电信网进行高效工作，以节省办公用房、缓解交通拥挤和减少城市污染；它可以给人们提供先进的社会服务和消灭城市和乡村之间实际存在的教育质量的差别；它还可以帮助人们把城市的高质量的医疗服务送到偏远的山区等等。总之，“信息高速公路”的建设和发展不仅会带来巨大的经济效益，而且将像 19 世纪的铁路和 20 世纪的电子网络一样，给人类社会带来巨大的冲击和变革。

(7) 家用电器和家庭自动化

微处理器在家用电器中应用很普遍，最常见的有微电脑洗衣机、微电脑冰箱、微电脑空调、微电脑音响系统和微电脑电视机等等。此外，个人微型计算机、微电脑计时装置和微电脑报警系统等已经进入发达国家的家庭。微电脑盲人阅读机也为盲人提供了极大的方便。

微型计算机进入家庭的另一标志是全功能个人计算机的问世，该产品集收音、电视、电话答录和传真功能于一体，由帕卡德贝尔 (Packard Bell) 公司采用 Intel 80486 奔腾 (Pentium) 芯片制成。这些都充分表明，一个以家用机器人为核心的家庭自动化 HA (Home Automation) 时代已为时不远了。

四、学习“微机原理及应用”课程应注意的问题

学习“微机原理及应用”课程首先要打破软件、硬件的神秘感。程序设计和大型软件的开发必须规范、稳定、别人看得懂以及便于维护。微机的发展使软件设计“平民化”，做软件的最终目的是要别人接受，购买使用，不是自娱和愚人。要善于利用“前人”的成果，踩在“巨人”的肩膀上，开拓创新是成功的捷径。通过本门课程的学习，应树立两方面的勇气：第一是要有敢于将不太完善的产品向外发布的勇气，先让别人熟悉、喜欢你的产品，并发现你的不足，进而促进你不断完善。十全十美的东西可能就没有生命力，就没有市场；第二是要有敢于接“半拉子”工程的勇气，不是另搞一套，而是在“前人”的基础上完成、完善和升级，要尊重“前人”的成果，而不是把前任的工作贬损一通，然后自己再开发有更多问题的代码来替代。

要使产品在市场上有较长久的生命力，除了不断完善和升级外，最好能在升级软件的同时将硬件也同时升级，当然最好是在不增加硬成本的基础上，所以在讲述本课程时要使学生明白：设计系统时，在资源的配置和占用上要留有余地，为以后的升级做准备，而且要向下兼容。如何不增加硬成本呢？可以设计专用 CPU 及应用 CPLD 技术“硬件狗”的应用也是专利产品的可行方案。

世界上有 500 家以上的微机生产制造商，研制和生产出 1000 多种型号的产品，从低档到高档，性能各异。计算机发展很快，更新换代尤为迅速。就以微机系统为例，第一年推出 CPU 芯片，第二年就推出完整的硬件系统与基本完善的软件系统，第三年会研制出许多应用软件或把成熟的软件移植到新系统上。一般说来，一个系统三四年就日臻完善，而对集成电路芯片来说，四年左右提高一代产品。

学习与应用微型计算机必须根据这一特点，既要立足于现实，透彻地学懂和掌握一种流行的 8 位或 16 位机，同时，又要迅速跟踪高档机种的发展方向，重点在于学会先进的设计思路和技术手段。方能在瞬息万变的微机市场立于不败之地。