

第 0 章 绪论

0.1 微型计算机发展史

1946 年世界上诞生了第一台电子计算机 ENIAC，在短短的 50 多年时间里，已经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路和超大规模集成电路计算机等大致五代的发展历程。每一代计算机之间的更替，不仅表现在电子元件的更新换代，还表现在计算机的系统结构及其软件技术的进步。正是这些技术的迅速发展，才使得计算机每更新一代，其性能都提高一个数量级，而其体积和价格都降低一个数量级。因此，今天的一台计算机其性能价格比和性能体积比，较第一代电子管计算机提高了成千上万倍，甚至成万上亿倍。

作为第四代计算机的重要代表，20 世纪 70 年代初诞生了一种新型电子计算机——微型计算机（Microcomputer）。它的中央处理单元 CPU（Central Processing Unit）是把运算器、控制器和寄存器组集成在一块芯片上，称为微处理器（Microprocessor）。以微处理器为核心，以系统总线为信息传输的中枢，配以大规模集成电路的存储器、输入/输出接口电路所组成的计算机，称为微型计算机。以微型计算机为中心，配以电源、辅助电路和相应的外设，以及指挥协调微型计算机工作的系统软件，就构成了微型计算机系统（Microcomputer System）。

微处理器和微型计算机问世 20 多年来，微处理器的集成度几乎每两年提高一倍，产品每 3~4 年更新一代。按 CPU 的字长、集成度和速度划分，已经历五代的演变（仅以 Intel 公司的产品为例，综观其发展）。

第一代（1971~1973 年）是 4 位和 8 位低档微机，以 4004 微处理器为代表，它集成了 1200 个晶体管，基本指令执行时间为 $20\mu\text{s}$ 。它虽然功能简单，速度不快，但它却标志着计算机的发展进入了一个新纪元。

第二代（1974~1978 年）是 8 位中高档微机，以 8008/8080/8085 处理器为典型代表，其集成度达 9000 个晶体管，基本指令执行时间为 $1\mu\text{s}$ 。

第三代（1979~1982 年）是 16 位微机，以 8086/8088/80186/80286 处理器为代表，集成度已达 13.4 万个晶体管，指令执行速度为 1~2MIPS（million of instructions per second，百万条指令/秒）。

第四代（1983~1993 年）是 32 位微机，其典型产品是 80386/80486/Pentium 系列处理器，内含 120 万个晶体管，运算速度为 12~36MIPS。

第五代（1993 年以后）是 64 位微机，64 位微处理器内含 950 多万个晶体管，其整数和浮点运算部件采用了超级流水线结构，从而使它的性能达到了现代巨型机的水平。并向巨型机发起了强有力的挑战。微处理器体系结构和 PC 机性能引入了全新的概念。

当今的微处理器和微型计算机正向着功能更强、速度更快、价格更廉和网络化、智能化以及多图形、超媒体的方向发展。不仅导致了各种便携式微机的大量涌现，而且将超级微机和巨型机融为一体的微巨机、乃至将其单片化的超级单片机也将不断问世。

今天，微机性能价格比大幅度提高，其可靠性、灵活性、方便性以及神奇的功能令世人关注，随着网络通信技术和多媒体技术的发展，微机及其应用技术将以前所未有的速度、深度和广度向前发展。将迅速改变人们传统的生活方式，给未来的政治、经济发展带来日益深远的影响。

0.2 微型计算机的分类

微机分类方法有多种。按位数可分为 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机等；按结构分为单片机和多片机；按组装方式分为单板机和多板机；按外型分为台式微机、笔记本式微机和掌上微机等；按使用目的分为通用微机和专用微机等。

单片机（**Single Chip Microcomputer or One Chip Microcomputer**）是将微机的 CPU、存储器、I/O 接口和总线制作在一块芯片上的超大规模集成电路。由于单片机具有体积小、功能全、价格低、软件丰富、面向控制、开发应用方便等优点，又可将其嵌入产品内部，使产品智能化，因此得到极其广泛的应用。本书将重点以 MCS-51 系列单片机为模型，介绍其结构、原理、系统设计与应用。

单板机（**Single Board Microcomputer**）是将 CPU、存储器、I/O 接口及多片附加逻辑电路和简单的键盘/显示器组装在一块印制版上。单板机结构简单，价格低廉，易于使用，便于学习，一般用作微机原理实验室的学习机。也可作过程控制的主机使用。

多板机一般指台式微机，由主机板（又称系统板）、扩充板、磁盘、光盘驱动器和系统电源等组装在一个机箱中，配以必要的外设（键盘/CRT 显示器等）和系统软件。这便是一台完整的微机。这种微机既可作为通用机，用于办公、科学计算和数据处理，又可通过系统板的扩展槽（总线接口插槽），插入测控板，构成一台专用机，用于实时控制和管理的工业控制平台。

笔记本式微机、掌上微机和掌上微机是一种便携式微机，具有体积小、重量轻、功能强、携带方便等优点。它将成为信息时代人们不可缺少的工具。

0.3 微型计算机的应用

科学计算与数据处理。在科学研究、工程设计和经济发展规划中，有大量数学计算问题。有时，需要同时列出几十阶微分方程组、几百个线性联立方程组和大型矩阵，要解决这些问题，没有计算机是无法想象的。

生产过程中的实时控制和自动化管理。利用计算机对生产过程进行实时监控，能迅速获得被控系统的随机变化情况，根据确定的工艺要求，自动实施控制，以使生产过程保持最佳状态。这样，可排除人工干预，降低成本，提高产品质量和生产效率。

计算机辅助设计。在工程设计、产品设计中，为了提高精度，缩短周期，目前普遍借助

计算机来设计，即计算机辅助设计，简称 CAD (Computer Aided Design)。随着 CAD 技术的发展，又出现了计算机辅助制造 CAM (Computer Aided Manufactue)、计算机辅助测试 CAT (Computer Aided Test) 和将设计、制造、测试融为一体的计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integration and Manufactue System) 等新技术。

计算机在军事领域的应用也十分广泛，通常可以用来帮助指挥和协调作战，如军事通讯、侦察、搜集情报、信息管理，并可直接用在坦克、火炮、军舰、潜艇、军用飞机、巡航导弹等武器的自动控制中。

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，可实现和外部进行多功能和多用途的信息交流。若把具有多媒体功能的微型计算机挂到网络上，用户便可得到有声有色和图文并茂的屏幕服务。伴随着多媒体技术，网络技术也得到了迅速的发展。“信息高速公路”的狂潮方兴未艾，人们可以坐在家，通过电脑即可迅速获得大量信息，进行高效的工作。

计算机在人工智能、模拟仿真、家用电器、信息管理、办公自动化甚至文化、教育、娱乐等领域有十分美好的应用前景。从科学计算到百姓生活的应用，从宇宙空间的探索到基本粒子的研究，无论哪一领域，几乎无不记录着计算机的丰功伟绩。无论你在攻克哪一项技术难关，计算机都将成为你得心应手的工具，助你走向成功。总之，计算机在工业、农业、国防、科学技术和社会生活等方面的应用，将会继续给人类社会带来巨大的冲击和变革。

第 1 章 微型机的基本知识

1.1 微处理器、微型机和单片机的概念

1. 微处理器 (Microprocessor)

又称为中央处理单元 CPU (Central Processing Unit)。它利用半导体集成技术, 将运算器 ALU (Arithmetic Logic Unit) 控制器 CU (Control Unit) 和寄存器组 R (Registers) 等功能部件, 通过内部总线集成在一块硅片上。它虽然不是一台计算机, 但却是组成微型机的核心部分。

2. 微型机 (Microcomputer)

具有完整运算和控制功能的计算机。它以微处理器 CPU 为核心, 以系统的三条总线——地址总线 AB (Address Bus) 控制总线 CB (Control Bus) 和双向数据总线 DB (Data Bus) 为信息传输中枢, 配上大规模集成电路的存储器 M (Memory)、输入/输出接口 I/O (Input/Output) 电路组成的计算机, 称为微型计算机, 如图 1-1 所示。以微型计算机为中心, 配以电源、辅助电路和相应的外设, 以及指挥协调微型计算机工作的系统软件及应用软件, 就构成了微型计算机系统 (Microcomputer System)。

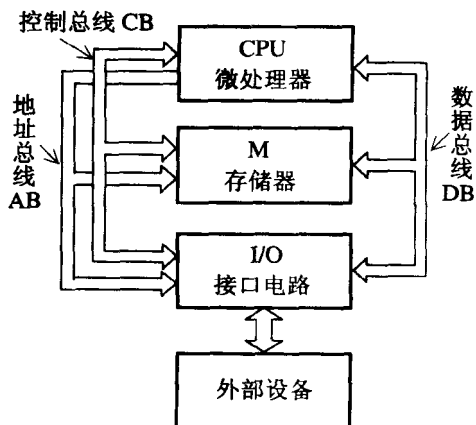


图 1-1 微型计算机组成

3. 单片机 (Single Chip Microcomputer or One Chip Microcomputer)

利用半导体集成技术, 将中央处理单元 CPU 和一定容量的数据存储器 RAM、程序存储器 ROM 定时/计数器 T/C、并行输入输出接口 I/O 和串行通讯接口 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 等多个功能部件集成在一块芯片上, 是一台具有完整计算机功能的大规模集成电路。由于单片机面向控制, 又被称为微控制器 (Microcontroller)。并因其体积小可嵌入产品内部, 成为产品的一个元件, 使产品智能化, 因而又被称为电控单元 ECU (Electronic Control Unit)。

1.2 微型机模型的组成

一个实际的微型计算机结构, 无论对哪一位初学者来说都显得太复杂了, 我们不得不将其简化、抽象成为一个模型机。先从模型机入手, 然后逐步深入分析其基本工作原理。图 1-2

是一个较详细的由微处理器 CPU、存储器 M 和 I/O 接口组成的微型机硬件模型。为了说明其原理，在 CPU 中仅画出主要的功能部件，并假设其中的所有功能部件，如寄存器、计数器和内部总线都简化为 8 位宽度，即可以保存、处理和传送 8 位二进制数据。在计算机术语中被称为一个字节，因而本模型机为字节机。

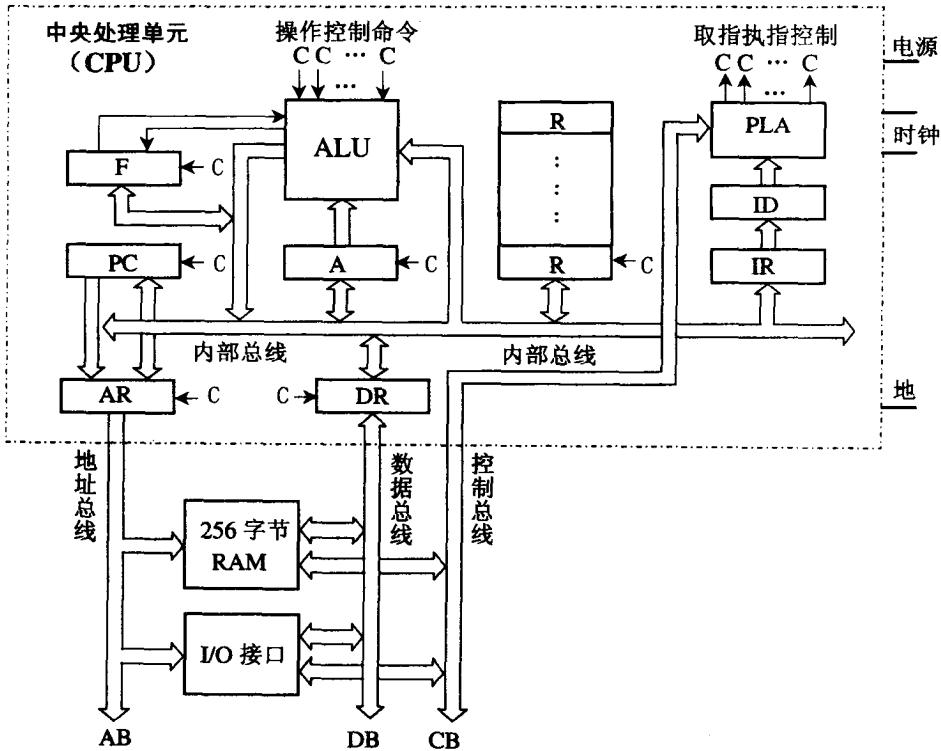


图 1-2 微机硬件模型框图

2.1 CPU 的内部结构

1. 运算器

运算器由算术逻辑单元 ALU、累加器 A (Accumulator)、标志寄存器 F (Flag) 和寄存器组、相互之间通过内部总线连接而成。它的主要作用是进行数据处理与加工，所谓数据处理即数值运算或非数值运算，如进行加、减、乘、除等算术运算或进行与、或、非、异或、移位、比较等逻辑运算。这些数据的处理与加工都是在 ALU 中进行的，不同的运算用不同的操作控制命令（在图 1-2 框图上用 C 表示）来确定。ALU 有两个输入端，通常接受两个操作数，一个操作数来自累加器 A、另一个操作数由内部数据总线提供，它可以是寄存器组的某个寄存器 R 中的内容，也可以是由数据寄存器 DR 提供的某个内存单元中的内容。ALU 的运算结果一般放在累加器 A 中。标志寄存器 F 的分析将在后面讨论。

2. 控制器

控制器 CU 由程序计数器 PC (Program Counter)、指令寄存器 IR (Instruction Register)、指令译码器 ID (Instruction Decoder)、操作控制部件或称为组合逻辑阵列 PLA (Programmed

Logic Array) 和时序发生器(图 1-2 中略)等电路组成,是发布操作命令的“决策机构”。控制器的主要作用有:解题程序与原始数据的输入、从内存中取出指令并译码,控制运算器对数据信息进行传送与加工、运算结果的输出、外部设备与主机之间的信息交换、计算机系统中随机事件的自动处理等,都是在控制器的指挥、协调与控制下完成的。

3. CPU 中的主要寄存器

(1) 累加器 A

累加器是 CPU 中最繁忙的寄存器。运算前,作操作数输入;运算后,保存运算结果;累加器还可通过数据总线向存储器或输入/输出设备读取(输入)或写入(输出)数据。

(2) 数据寄存器 DR

数据寄存器 DR 是 CPU 的内部总线和外部数据总线的缓冲寄存器,是 CPU 与系统的数据传输通道。主要用来缓冲或暂存指令及指令的操作数,也可以是一个操作数地址。

(3) 寄存器组 R

这是 CPU 内部工作寄存器,由若干个 8 位寄存器组成。用于暂存数据、地址等信息。一般分为通用寄存器组和专用寄存器组,通常由程序控制。每种 CPU 的寄存器组构成均有不同,但对用户却十分重要。用户可以不关心 ALU 的具体构成,但对寄存器组的结构和功能都必须清楚,这样才能充分利用寄存器的专有特性,简化程序设计,提高运算速度。

(4) 指令寄存器 IR、指令译码器 ID、操作控制部件 PLA

这是控制器的主要组成部分。指令寄存器 IR 用来保存当前正在执行的一条指令,这条指令送到指令译码器 ID,通过译码,由操作控制部件 PLA 发出相应的控制命令 C,以完成指令规定的操作。

(5) 程序计数器 PC

程序计数器 PC 又称指令地址指针,是控制器的一部分,用来存放下一条从内存中取出并要执行的指令地址。由于通常程序是以指令的形式存放在内存中一个连续的区域中,当程序顺序执行时,第一条指令地址(即程序的起始地址)被置入 PC,此后每取出一个指令字节,程序计数器便自动加“1”。当程序执行转移、调用或返回指令时,其目标地址自动被修改并置入 PC,程序便产生转移。总之,它总是指向下一条要执行的指令地址。

(6) 地址寄存器 AR (Address Register)

地址寄存器 AR 是 CPU 内部总线和外部地址总线的缓冲寄存器,是 CPU 与系统地址总线的连接通道。当 CPU 访问存储单元或 I/O 设备时,用来保持其地址信息。

以下两部分也在 CPU 内部,由于与程序设计密切相关,在此需专门分析讨论之。

4. 标志寄存器 F

标志寄存器 F (Flags) 也称程序状态字 PSW (Program state word),是用来存放 ALU 运算结果的各种特征状态的,如运算有无进(借)位、有无溢出、结果是否为零等。这些都可通过标志寄存器的相应位来反映。程序中经常要检测这些标志位的状态以决定下一步的操作。状态不同,操作处理方法就不同。微处理器内部都有一个标志寄存器,但不同型号的 CPU 其标志寄存器的标志数目和具体规定亦有不同。下面介绍几种常用的标志位:

(1) 进位标志 C 或 Cy (Carry)

两个数在做加法或减法运算时,如果最高位产生了进位或借位,该进位或借位就被保存在 C 中,有进(借)位 C 被置“1”,否则 C 被置“0”。另外,ALU 执行比较、循环或移

位操作也会影响 C 标志。

(2) 零标志 Z (Zero)

当 ALU 的运算结果为零时，零标志 Z 即被置“ 1 ”，否则 Z 被置“ 0 ”。一般加法、减法、比较与移位等指令会影响 Z 标志。 $Z = \overline{D_7 + D_6 + \dots + D_0}$

(3) 符号标志 S (Sign)

符号标志供有符号数使用，它总是与 ALU 运算结果的最高位的状态相同。在有符号数的运算中，S=1 表示运算结果为负，S=0 表示运算结果为正。

(4) 奇偶标志 P (Parity)

奇偶标志用来表示逻辑运算结果中“ 1 ”的个数为奇数还是偶数，一般规定“ 1 ”的个数为奇数时，P=1，“ 1 ”的个数为偶数时，则 P=0，但不同的机器规定亦有不同。

(5) 溢出标志 OV (Overflow)

在有符号数的二进制算术运算中，如果其运算结果超过了机器数所能表示的范围，并改变了运算结果的符号位，则称之为溢出，因而 OV 标志仅对有符号数才有意义。

例 1-1	+107	01101011
	+) 92	+) 01011100
	+199	11000111 = -71

两正数相加，结果却为一个负数，这显然是错误的。原因就在于，对于 8 位有符号数而言，它表示的范围为 -128~+127。而我们相加后得到的结果已超出了范围，这种情况即为溢出。当运算结果产生溢出时，置 OV = “ 1 ”，反之 OV = “ 0 ”，即：

$OV = D_6CY \oplus D_7CY$ 表示不同时有进/借位时发生溢出

(6) 辅助进位标志 AC (Auxiliary Carry)

辅助进位标志亦称半进位标志 H。当两个 8 位数进行加、减运算时，若 D₃ 位向 D₄ 位产生进位或借位时，则该标志置“ 1 ”，否则置“ 0 ”。这个标志用于 BCD 码运算，用来进行十进制调整。

5. 堆栈与堆栈指示器 SP (Stack Pointer)

堆栈与堆栈指示器在图 1-2 的模型机框图中被省略，堆栈通常是存储器中划分出的一个特殊区域，用来存放一些特殊数据，实际上是一个数据的暂存区。这种暂存数据的存储区域由堆栈指示器 SP 中的内容决定，它有三个主要特点：

(1) 按照先进后出 FILO (First In Last Out) 顺序向堆栈读 / 写数据；

(2) SP 始终指向栈顶；

(3) 堆栈的两种操作压入 (PUSH) 和弹出 (POP) 应该成对进行。所谓压入就是将数据写入堆栈，弹出则是从堆栈中读出数据。简而言之，堆栈是由堆栈指针 SP 按照“先进后出”或“后进先出”原则组织的一个存储区域。

1.2.2 存储器 M (Memory)

图 1-3 是假设的模型机随机读写存储器 RAM (Random Access Memory) 框图。存储器 RAM 基本结构一般由四个部分组成：存储矩阵、地址译码器、读写控制电路和三态双向缓冲器。

(1) 存储矩阵

存储器 RAM 矩阵是一个按地址访问的一维线性空间。由 256 个存储单元组成，每个存储单元有 8 位基本存储电路，这就是图中所示的 256×8 存储矩阵。1 位基本存储电路可视为一个“R—S”型触发器，能够存储一位二进制数，这样每个存储单元可存放一个 8 位二进制数，这就是它们的内容 (Content)。存储容量取决于矩阵的大小，即矩阵中存储单元的数目。

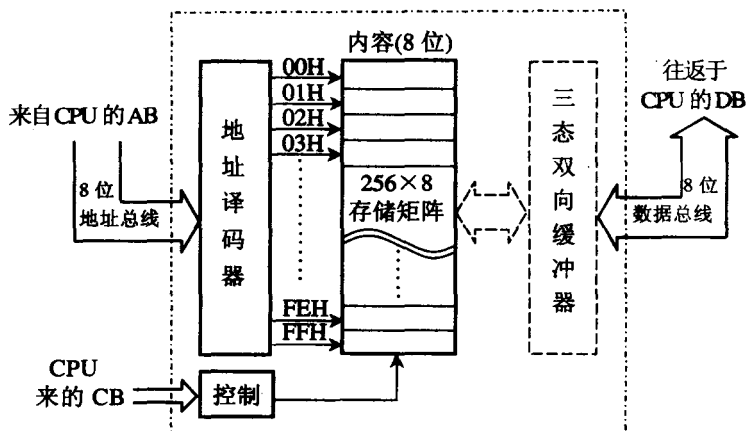


图 1-3 存储器 RAM 结构

(2) 地址译码器

由于模型机的存储矩阵是由 256 个存储单元组成的，需要 8 位地址参与译码。所谓地址 (Address 就是该单元在存储矩阵中的相对位置编号。如：00H、01H、02H…FFH 等，不要把地址和内容两者混淆起来。当 CPU 访问某一存储单元时，首先通过地址总线 AB 给出该单元的地址，由地址译码器唯一地“选中”与该地址对应的存储单元，便可对其进行读写操作，以读取或改变其中的内容（即数据）。

(3) 读写控制

当 CPU 访问存储器 RAM 单元时，不仅要给出地址，同时要通过控制总线 CB 给出读/写控制信号，以交换数据。数据的流向受读/写信号的控制，“读”信号表明要读出被选单元的内容，并通过双向缓冲器放到数据总线上，由总线送到 CPU。“写”信号表明 CPU 要写入的数据是通过数据总线送存到指定的存储单元中。数据写入后，便记录在存储单元中，即便读出是破坏性的（内部有自动再生电路），只要不断电，其存储单元内容不变。

(4) 三态双向缓冲器（图 1-3 中虚线框所示）

在一个实际系统中，不仅需要存储器芯片，常常使用多片电路，如 I/O 电路或其它芯片才能构成系统。这样三态双向缓冲器不仅作 RAM 总线接口与数据总线连接，以进行数据缓冲，而且系统中没有被选中的 RAM 或其它芯片的数据缓冲器输出三态，即高阻状态与数据总线断开。这样在系统中，CPU 总是访问“唯一”被选中的芯片，从而保证任一时刻总线上流通的只有一个数据。

1.2.3 I/O 接口和外设

从图 1-1 可以看到，I/O 接口与地址总线、控制总线 and 数据总线的连接同存储器一样，而外部设备与 CPU 的连接必须通过 I/O 接口电路。每个 I/O 接口及其对应的外设都有一个

固定的地址，在 CPU 的控制下实现其输入（读）输出（写）操作。

1.2.4 模型机的工作过程

计算机之所以能够脱离人的干预自动运算，就是因为它具有记忆功能，可预先把解题程序和数据存放在存储器中。在工作过程中，再由存储器快速将程序和数据提供给 CPU 进行运算。这就是所谓“程序存储”工作方式。而计算器虽然也有运算和控制功能，但它不能脱离人的干预，不是“程序存储”自动工作方式，因而不能称其为计算机。

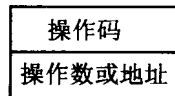
仅有硬件计算机无法工作，必须使用各种程序，这就是计算机软件。程序即用户要解决某一特定问题所编排的指令序列，编排的过程称为程序设计。

1. 指令和指令系统

所谓指令就是使计算机完成某种基本操作，如加、减、乘、除、移位、与、或、非等操作命令。全部指令的集合构成指令系统。任何一台计算机都有它的指令系统，少则几十条，多则几百条。这些指令都各有自己的寻址方式。

(1) 指令的格式

指令通常由两部分组成：第一部分为操作码（OP），它表示计算机的操作性质；第二部分为操作数，它代表参加运算的操作数或存放该数的地址。指令的一般格式为：



在计算机中，指令是以一组二进制编码的数来表示和存储的，称这样的编码为机器码或机器指令。

(2) 指令执行过程

指令的执行过程分为两个阶段，即取指阶段与执行指令阶段，这样执行该指令占用了三个 CPU 周期，如图 1-4 所示。

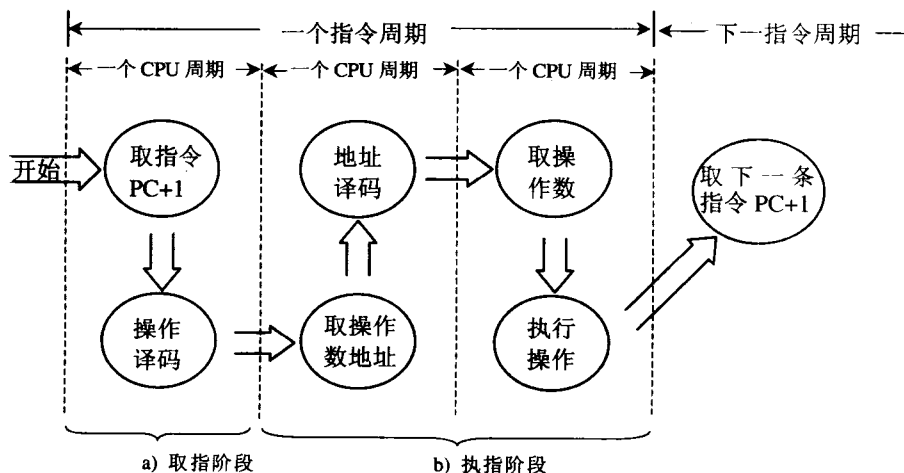


图 1-4 直接寻址的指令执行周期

a) 第一个 CPU 周期是取指阶段，由 PC 给出指令地址，从存储器中取出指令（PC+1），

为取下一条指令做好准备)，并进行指令译码；

b) 第二、三个 CPU 周期是执行指令阶段，取操作数地址并译码，获得操作数，同时执行这条指令。然后取下一条指令，周而复始。图 1-4 是直接寻址的指令执行过程。

2. 程序的执行过程

程序是按照某种要求编排的指令序列，这些指令有次序地存放在存储器中，在计算机工作时，逐条取出并加以翻译执行。

下面采用立即寻址方式，执行一个“15H+30H”的简单程序为例，说明程序的执行过程。如表 1-1 所示。

表 1-1 “15H+30H” 程序执行过程

地 址	内 容	助 记 符	注 释
00H	0111 0100	MOV A, #15H	取数指令，第一字节是操作码
01H	0001 0101		第二字节就是指令的操作数
02H	0010 0100	ADD A, #30H	加法指令，第一字节是操作码
03H	0011 0000		第二字节也是指令的操作数
04H	1000 0000	SJMP \$	两字节指令，
05H	1111 1110		执行原地踏步操作
...	

假如程序存放在起始地址为 00H 单元中。地址 00H 和 01H 存放第一条指令“MOV A, #15H”，这是一条两字节指令，执行第一条指令的过程如图 1-5 所示。

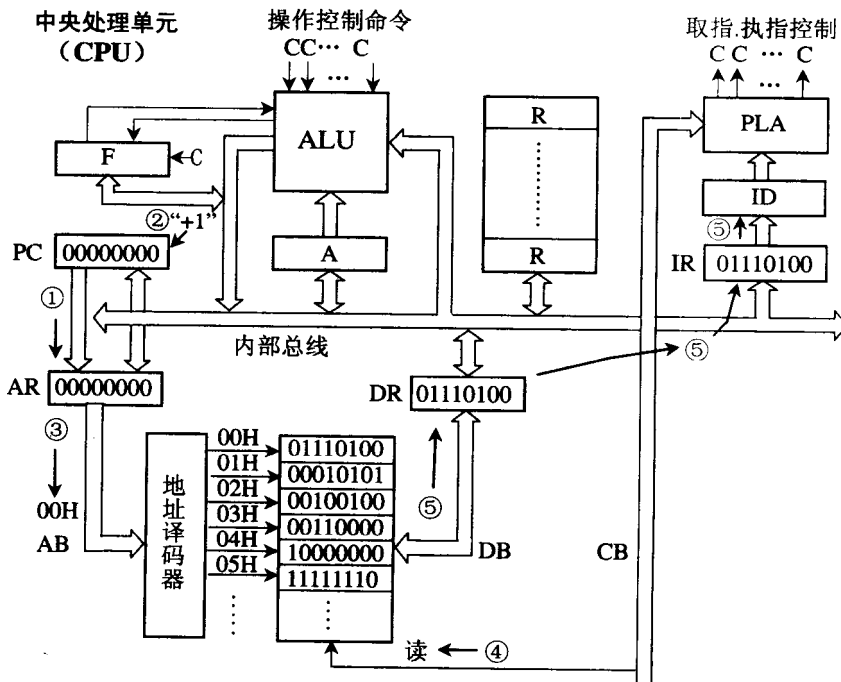


图 1-5 取第一条指令操作码示意图

计算机启动运行后，程序起始地址送 PC，进入第一条指令的取指阶段：在执行时，给

PC 赋以第一条指令地址 00H，然后进入第一条指令的取指阶段，具体的说：

① PC 的内容 00H 送地址寄存器 AR。

当 PC 的内容可靠地送入地址寄存器后，PC 的内容加 1，为取下一字节作好准备。

③ AR 的内容为 00H，通过地址总线 AB 送至存储器，经地址译码选中 00H 单元。

④ CPU 发读命令。

读出的操作码 74H 经数据总线 DB、数据寄存器 DR、指令寄存器 IR、送指令译码器 ID 进行译码。

经对操作码译码后，发现是取数操作，而且是立即寻址方式，于是指令进入执指阶段，执行过程如图 1-6 所示：

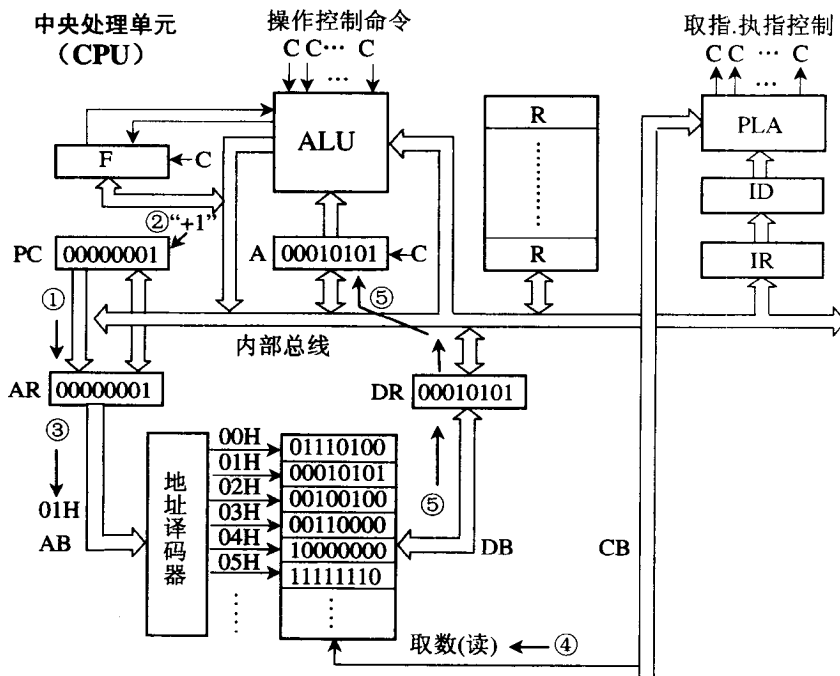


图 1-6 指令执行过程示意图

PC 的内容 01H 送至 AR。

当 PC 的内容可靠地送入 AR 后，PC 自动加 1 变为 02H，做好取下一条指令的准备。

③ AR 的内容为 01H，通过地址总线 AB 送至存储器，经地址译码选中 01H 单元。

由命令发生器 PLA 通过控制总线 CB 发出取数（读）命令。

第二字节“立即数 #15H”，通过数据总线 DB、数据寄存器 DR 被送至累加器 A，此时 PC 指向地址 02H，即第二条指令地址。

第二条指令“ADD A, #30H”也是两字节立即寻址方式，操作码译码后 PLA 发出“加”命令，执行过程与第一条指令类似，这里不再详述。最后一条指令“SJMP \$”是一条原地踏步操作（“\$”表示转移目标为本行指令的首址）至此程序已执行完了。

1.3 微机系统

图 1-7 是微机系统的组成示意图。由此图可以看出，微机系统包含两大部分：硬件系统和软件系统。

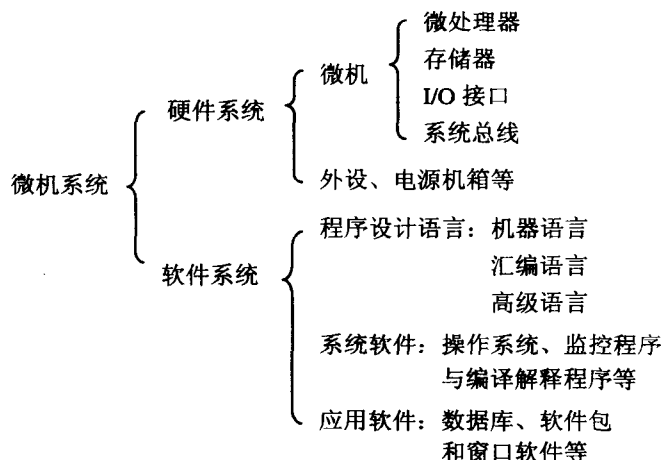


图 1-7 微机系统示意图

1.3.1 微机硬件组成

微型计算机是以微处理器为核心，通过总线将存储器、输入 / 输出接口电路等功能部件连接在一起的设备，如图 1-8 所示。

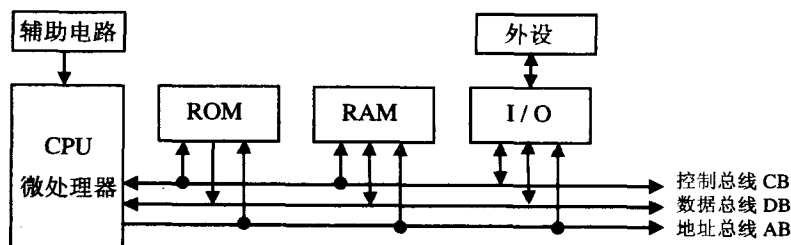


图 1-8 微型计算机框图

如果根据不同要求配置外部设备、电源及辅助电路，并根据系统要求在存储器 ROM 中驻留系统软件，就构成微型计算机系统。

1. 总线

由图 1-8 可见，整个计算机采用了总线结构，所有功能部件都连接在三条总线上，各个部件之间的数据和信息都通过总线传送。换言之，总线是将多个装置或功能部件连接起来，并用来传送信息的公共通道。实际上，总线就是一组导线，导线的数目取决于微处理器的结构，总线有三种类型：

(1) 数据总线 (Data Bus—DB)

数据总线用来在微处理器、存储器以及输入/输出接口之间传送数据。如 CPU 可通过数据总线从 ROM 中读出数据, 通过该总线对 RAM 读出或写入数据, 亦可把运算结果通过 I/O 接口送至外部设备等。微处理器的位数与外部数据总线的位数一致。数据总线是双向三态的, 数据既可从 CPU 中送出, 也可从外部送入 CPU, 通过三态控制使 CPU 内部数据总线与外部数据总线连接或断开。

(2) 地址总线 (Address Bus—AB)

CPU 对各功能部件的访问是按地址进行的, 地址总线用来传送 CPU 发出的地址信息, 以访问被选择的存储器单元或 I/O 接口电路。地址总线是单向三态的, 只要 CPU 向外送出地址即可; 通过三态控制可使 CPU 内部地址总线与外部地址总线连接或断开。地址总线的位数决定了可以直接访问的存储单元 (或 I/O 口) 的最大可能数量 (即容量)。

(3) 控制总线 (Controll Bus—CB)

控制总线较数据总线与地址总线复杂。可以是 CPU 发出的控制信号, 也可以是其它部件送给 CPU 的控制信号。对于某条具体的控制线, 信号的传送方向则是固定的, 不是从 CPU 输出, 就是输入到 CPU。控制总线的位数与 CPU 的位数无直接关系, 一般受 CPU 的控制功能与引脚数目的限制。

计算机采用总线结构, 不仅使系统中传送的信息有条理、有层次、便于进行检测, 而且其结构简单、规则、紧凑、易于系统扩展。只要系统中其它功能部件符合总线规范, 就可以接入系统, 从而可方便地扩展系统功能。但采用总线结构后, 某一时刻, 一种总线上只能传送一组信号, 这就必须使用三态逻辑元件。

2. 三态逻辑元件

(1) 单向三态缓冲器

单向三态电路如图 1-9 所示, 真值表如表 1-2 所示。当三态控制端 TSC (Three State

表 1-2 真值表

TSC	D	Y
0	0	0
	1	1
1	0	高阻
	1	高阻

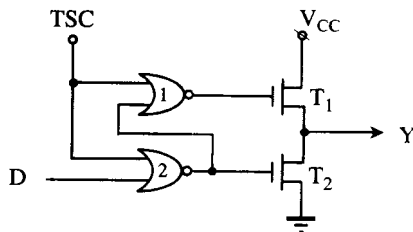


图 1-9 单向三态电路图

Control) 为低电平时, 即 $TSC=0$ 时, 为使能允许控制, 此时 $D \rightarrow Y$ 。若 $D=0$, 则“或非门”2 输出高电平, “或非门”1 输出低电平, T_1 管截止, 而 T_2 管导通, $Y=0$; 反之, 若 $D=1$, 则 $Y=1$, 数据单向传送。当 $TSC=1$ 时, 为使能禁止, “或非门 1”、“或非门 2”均输出低电平, 使 T_1 和 T_2 管截止, Y 呈高阻状态, 相当于断开。其逻辑符号如图 1-10 所示。

图 1-9 单向缓冲电路和逻辑符号如图 1-10 (a) 所示, 为低电平使能, 而高电平禁止。图 1-10 (b) 所示符号为高电平使能, 而低电平禁止。它们都是三态同相缓冲器, 两者的区别仅仅在于三态控制端的电平不同。图 1-10 (c)、(d) 为三态反向缓冲器, 区别亦是三态控制端的电平不同。

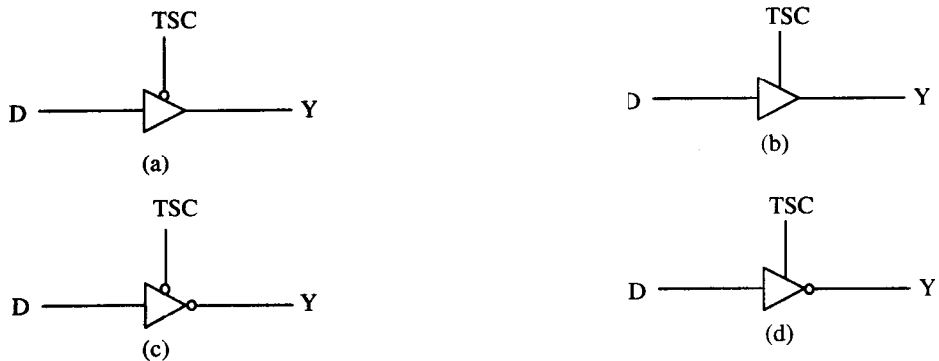


图 1-10 单向三态电路符号图

(2) 三态双向缓冲器

三态双向缓冲器逻辑符号如图 11 所示。

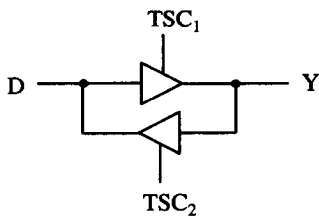


图 1-11 三态双向缓冲器逻辑符号图

当 $TSC_1=1, TSC_2=0$ 时，输出等于输入。当 $TSC_1=0, TSC_2=1$ 时，输入等于输出。当 $TSC_1, TSC_2=0$ ，均为低电平时，呈高阻状态，即相当于断开。

综上所述，微型计算机是由 CPU 通过总线将各种存储器芯片、I/O 接口芯片、以及各种控制芯片连接在一起的装置。为了解决信息对总线的相互竞争，它要求凡是接入总线的功能部件，在其输出端不仅能呈“0”或“1”两种信息状态，而且亦能呈现第三种逻辑状态，即高阻状态。此时，它的

输出与总线断开，而仅有被 CPU 所访问（选中）的器件与总线连通，防止了总线上的信息相互干扰与竞争，使计算机可靠地工作。

如图 1-12 所示，这里以数据总线为例讨论之。如果 CPU 正在访问 RAM 芯片，则控制端 \bar{E}_1 为低电平，RAM 的三态数据缓冲器与数据总线连通；而不被 CPU 访问的 ROM、I/O 接口芯片的控制端 \bar{E}_2, \bar{E}_3 都为高电平，它们的数据线呈高阻态与总线断开。因而，在 CPU 访问 RAM 时，总线上流通的信息只有一个。若使用两态元件，将会出现总线竞争，计算机亦无法采用总线结构。

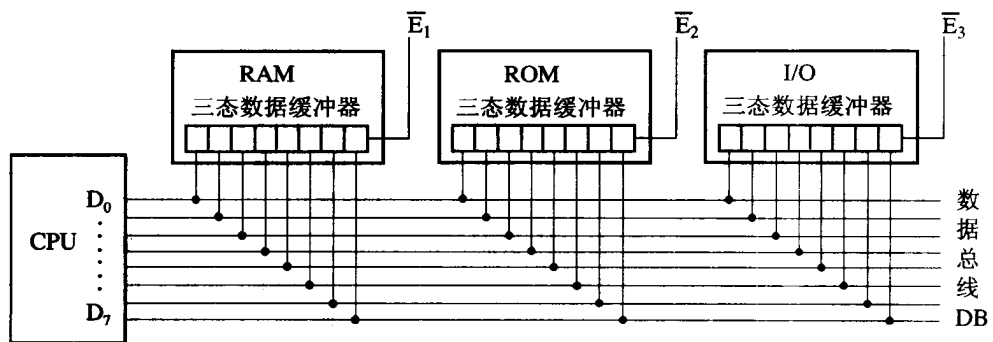


图 1-12 CPU 数据总线与其它芯片连接图

1.3.2 软件系统

计算机的工作需要软件强有力的支持，CPU 根据需要来运行即定的程序。换言之，就是计算机的软硬件协同工作完成即定的任务。这些软件有：

1. 程序设计语言

(1) 机器语言

如上节所述，用机器能够直接识别的二进制指令代码（即机器码或可执行的目标代码）编写的程序称为机器语言。计算机的硬件结构按照即定的逻辑识别并执行这些指令码所规定的操作，从而使计算机一步步按机器语言编写的程序工作下去。显然，由于机器语言是由“0”或“1”构成的字符串，机器能直接识别与操作的是机器码，它执行速度快。但它们既无明显操作特征，又不易记忆，十分繁琐。因而用机器语言编写程序是极其困难的。

(2) 汇编语言

用机器指令系统的助记符（能反映指令特征和操作性质的英文单词或英文缩写），用符号代替操作数来编写的程序称为汇编语言程序。这种程序能反映指令功能，人们容易辨识、记忆和阅读。由于指令助记符与机器码有一一对应关系，因此，它仍是一种依赖于机器硬件结构和指令系统的语言，是一种面向机器的语言。由于每个机型指令系统和硬件结构不同，用汇编语言编写的程序不仅执行速度快，又可以有效地利用机器本身的专有特性，从而提高机器的工作效率。然而，用汇编语言编写的程序由于面向机器，在一种机型上不能运行另一种机型的汇编程序，不仅通用性差，而且编程时必须深入了解机器内部结构，熟悉掌握机器指令系统。因此，用汇编语言编程工作量仍很庞大，是一项十分困难的工作。

(3) 高级语言

为了方便用户，程序所用的语句与实际问题更接近，而且用户不必了解具体机器结构，就能编写程序只考虑要解决的问题即可这就是面向问题的语言如 BASIC、FORTRAN、PASCAL 等各种高级语言。高级语言容易理解、学习和掌握，用户用高级语言编写程序就方便多了，可大大减少工作量。但计算机执行时，必须将高级语言编写的源程序翻译成机器语言表示的目标代码方能执行。这个“翻译”就是各种编译程序（Compiler）或解释程序（Interpreter）。

2. 系统软件

系统软件是用来提高计算机的使用效率、增加计算机的功能、简化程序设计、方便用户使用的一类程序，一般由专门的计算机软件技术人员开发。如操作系统（Operating system）、监控程序、诊断程序、编译和解释程序统称系统软件。

3. 应用软件

应用软件是用户利用计算机各种程序设计语言和计算机系统软件编制的，用来解决用户各种实际问题的程序，统称应用软件。应用软件可以逐步标准化、模块化、形成各种典型问题应用程序的子程序库或软件包以及窗口软件等。

1.3.3 衡量计算机性能的主要技术指标

1. 字长

所谓字长就是计算机的运算器一次可处理（运算、存取）二进制数的位数。字长越长，一个字能表示数值的有效位就越多，计算精度也就越高，速度就越快。然而，字长越长其硬

件代价也相应增大，计算机的设计要考虑精度、速度和硬件成本等方面因素。

通常 8 位二进制数称为 1 个字节 以 B (Byte) 表示 ;2 个字节定义为 1 个字 以 W (Word) 表示 ; 32 位二进制数就定义为双字 , 以 DW (Double word) 表示。

一般 , 一台计算机的字长由运算器一次能处理的二进制数长度、数据总线的宽度及内部寄存器和存储器的长度等因素决定。

2. 存储容量

存储容量是表征存储器存储二进制信息多少的一个技术指标。内存容量以字节为单位计算。并将 1024B (即 1024×8) 简称为 1KB, 1024KB 简称为 1MB (兆字节), 1024MB 简称为 1GB (千兆字节) 存储容量越大 能存放的信息量就越大。高档微机一般具有 128MB 以上的内存容量和 30GB 以上的外存容量。

3. 指令系统

指令系统是计算机所有指令的集合 , 其中包含的指令越多 , 计算机功能就越强。机器指令功能取决于计算机硬件结构的性能。丰富的指令系统是构成计算机软件的基础。

4. 指令执行时间

指令执行时间是反映计算机运算速度快慢的一项指标 , 它取决于系统的主时钟频率、指令系统的设计以及 CPU 的体系结构等。对于微型机而言 , 一般仅给出主时钟频率为多少兆赫芝 , 并且给出每条指令执行所用的机器周期数。所谓机器周期就是计算机完成一种独立操作所持续的时间 , 这种独立操作是指像存储器读或写、取指令操作码等。计算机的主频高 , 指令的执行时间就短 , 其运算速度就快 , 系统的性能就好。如果强调平均每秒可执行多少条指令 , 则根据不同指令出现的频度 , 乘以不同的系数 , 求得平均运算速度 , 这常用 MIPS 作单位 , 因此指令执行时间是一项评价速度的重要技术指标。

5. 外设扩展能力及配置

外设的扩展能力是指计算机系统配接多种外部设备的可能性和灵活性 , 一台计算机允许配接多少外部设备 , 对系统接口和软件的研制有重大影响。外部设备是实现人机对话的设备。一台计算机所配置的外部设备种类多、型号齐全 , 人机对话的手段就多 , 人机界面就越 “ 友好 ” , 系统的适应能力就强 , 通用性也就好。

6. 软件配置

所谓软件是指能完成各种功能的计算机程序的总和。软件是计算机的灵魂。计算机配置的系统软件丰富、应用软件多、程序设计语言齐全 , 系统的性能就优越。

综上所述 , 对一台计算机性能的评价 , 要综合它的体系结构、存储器容量、运算速度、指令系统、外设的多寡以及软件配置是否丰富等各项技术指标 , 才能正确评价与衡量其性能的优劣。在选购计算机时要充分考虑系统性能的各项主要技术指标。

1.4 单片微型计算机

1.4.1 单片机发展史

单片机的发展可分为四个阶段 :

第一阶段 (1974~1976) 为单片机初级阶段。由于受工艺及集成度的限制 , 单片机采用

双片形式。且功能比较简单。例如：Fairchild 公司 1974 年推出的 8 位单片机 F8，它只包含 8 位 CPU、64 字节 RAM 和 2 个并行 I/O 口，需外接一片 3851（内含 1KB ROM、1 个定时 / 计数器和 2 个并行 I/O 口）电路才能构成一个完整的微型计算机。

第二阶段（1976~1979）为低性能单片机阶段。此时的单片机是“小而全”。如 Intel 公司 1976 年推出的 MCS-48 系列单片机，CPU 的功能不太强，却是真正的 8 位单片微机。它把单片机推向市场，促进了单片机的变革。

第三阶段（1979~1982）为高性能单片机阶段。此时的单片机品种多、功能强，一般片为 RAM、ROM 都相对增大，寻址范围可达 64K，并配有串行口，还可以进行多级中断处理。如 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。

第四阶段（1982~1993），16 位单片机阶段。其最大特点是增加了内部资源，实时处理能力更强。如 Intel 公司的 MCS-96 系列，集成度达 12 万个晶体管 / 片，而且有多通道 10 位 A/D 转换器、高速输入输出部件 HSIO 和脉宽调制输出装置 PWM。近几年又推出 8XC196 系列单片机，它是 MCS-96 系列增强型的升级换代产品，无论是速度还是控制功能，都是 16 位机的佼佼者。

在单片机的应用中，MCS-51 系列单片机已被国内用户广泛认可和采用。然而，产品性能需要提高，技术需要更新，而用户更希望自己对产品的软硬件投资能得到保护。近几年一些公司推出了以 MCS-51 为内核，独具特色而性能卓越的新型系列单片机，如：ATMEL 公司的 AT89 系列，Philips 公司的 80C51 系列产品，ADI 公司的 ADuC 系列，以及 SIEMENS 等公司也都在 MCS-51 的基础上先后推出了新型兼容机，使单片机的发展步入一个新阶段。

1.4.2 单片机发展趋势

从各种新型单片机的性能上可以看出，单片机正朝着多层次用户的多品种、多规格、高性能的方向发展，各个公司将根据市场需要不失时机地研制并推出各种优秀的单片机

1. 高档单片机性能不断提高

在实时控制系统、军工产品和一些高级家用电器等领域中，需要高性能单片机，以满足其功能、速度、可靠性方面的特殊要求，高档高性能主要表现在如下一些方面：

(1) CPU 功能的加强

CPU 的能力主要体现在数据处理的速度和精度的提高。一般通过 CPU 的字长的增加、硬件部件的扩充、总线速度的提高、指令系统的扩充和效率的提高来实现。

(2) 内部资源的增加

单片机内部除 CPU 以外还包括各种类型的存储器、I/O 口等部件。高档单片机存储器种类多、容量大，一般作为程序存储器的 ROM、EPROM、E²PROM 或 FLAHS 达几十 KB，作为数据存储器的 RAM 达几 KB。I/O 口包括并行口、串行口、串行扩展口、定时 / 计数器（具有定时输出、捕捉输入、监视器 Watchdog 等功能）有的还配置了 A/D 转换器、脉宽调制输出 PWM、正弦波发生器、CRT 控制器、LED 和 LCD 驱动器等。

(3) 寻址范围的增加

一些高性能单片机对外部存储器、I/O 口的寻址范围高达几兆字节，有的单片机还可以选择某些 I/O 口作为系统的扩展总线使用。