

单片微机 及其应用

林克明 周佩玲 编



单片微机及其应用

林克明 周佩玲 编

中国科学技术大学出版社

1989·合肥

内 容 简 介

本书首先简明阐述了微型计算机原理,包括各种数制及其相互转换,简单的逻辑代数,存储器等。随后以较大篇幅叙述了单片微机,以美国 INTEL 公司的三种系列产品 MCS-48, MCS-51, MCS-96 为主要阐述对象,介绍了单片机的内部结构,指令系统,编程以及系统的硬件扩展,还介绍了单片机的应用实例。对单片机的简单外部设备以及单片机的开发也作了较深入的讨论。

书中附有习题,可作为大专院校的教材,也可供微机应用的技术人员参考。

单片微机及其应用

林克明 周佩玲 编

责任编辑:王 乙 封面设计:张 同

中国科学技术大学出版社

(安徽省合肥市金寨路96号)

中国科学技术大学印刷厂印刷

安徽省新华书店发行

开本:787×1092/16 印张:18.75 字数:456千

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数 1—5000册

ISBN 7

07-6/TP·5 定价:3.80元

前 言

现在微型计算机的制造和应用日益广泛,民用与工业市场越来越要求体积小、性能灵活多样、价廉物美的微机产品,单片机的问世满足了这一要求。它给小小的硅片增添了奇异的色彩,指姆大小的面积上竟能集成一台微型计算机。

在一些发达国家,单片机的应用早在十余年前就十分活跃,而国内还是近几年的事。虽然起步稍晚,但发展很快。因为单片机的应用很适合我国国情,对双增双节,产品的升级换代,机—电一体化具有重大意义。

我们编写这本书目的是满足培训工作者和广大单片机爱好者和用户的需要。

该书简明介绍了微型计算机原理,对各种数制及其相互转换、简单逻辑电路、存储器以及片选问题进行了深入的讨论。据我国目前的情况,只介绍了 INTEL 公司的系列产品:八位单片机 MCS-48, MCS-51 和十六位单片机 MCS-96。其中以高档八位机 MCS-51 为主要阐述对象,十六位单片机由于它的先进性和强大功能使之具有很大吸引力,但因篇幅所限,只作简要介绍。

本书例举了单片机的应用实例,望能给读者在单片机应用中以启发。

本书在编写过程中得到我校教务处张泰永副教授的大力支持,徐永嘉教授对全书进行了审校并提出修改意见,在此表示感谢。

对本书存在的一些缺点和错误,欢迎广大读者批评指正。

编 者

1988 年 8 月于

中国科学技术大学

目 录

第一章 绪 论

§ 1-1 微型计算机的基本结构	(1)
§ 1-2 什么是单片机	(1)
§ 1-3 国外单片机的发展情况	(2)
§ 1-4 单片机的应用	(4)
§ 1-5 INTEL 公司产品简介	(5)

第二章 微型计算机的基本知识

§ 2-1 微型计算机的工作过程	(8)
§ 2-2 微型计算机中数的表示法	(12)
§ 2-3 逻辑电路简介	(20)
习 题	(27)

第三章 半导体存储器

§ 3-1 半导体存储器的结构	(29)
§ 3-2 存储器与 CPU 的连接	(33)
习 题	(43)

第四章 MCS-48系列八位单片机

§ 4-1 MCS-48 单片机的硬件结构	(45)
§ 4-2 MCS-48 芯片管脚和功能	(49)
§ 4-3 MCS-48 系列的时序	(50)
§ 4-4 MCS-48 系列的定时器/计数器	(55)
§ 4-5 MCS-48 系列的输入/输出口	(59)
4-6 MCS-48 系列的复位功能	(63)
4-7 单片机的功耗与低功耗运行	(64)
4-8 单片机的中断系统	(66)
9 MCS-48 指令系统	(69)
MCS-48 单片机的实用程序	(89)

§ 4-11 MCS-48 系列的硬件扩展.....	(96)
习 题.....	(98)

第五章 MCS-51 高档八位单片机

§ 5-1 MCS-51 系列特点及内部结构.....	(100)
§ 5-2 MCS-51 的 CPU 和时钟电路.....	(103)
§ 5-3 MCS-51 的存储器结构.....	(104)
§ 5-4 MCS-51 的特殊功能寄存器 SFR	(107)
§ 5-5 MCS-51 的定时器/计数器.....	(108)
§ 5-6 MCS-51 的输入/输出.....	(112)
§ 5-7 MCS-51 的中断系统.....	(115)
§ 5-8 MCS-51 的串行接口.....	(120)
§ 5-9 MCS-51 的寻址方式和汇编语言.....	(126)
§ 5-10 MCS-51 的指令系统	(128)
§ 5-11 MCS-51 的应用程序实例	(157)
习 题.....	(169)

第六章 I/O 接口及简单外设

§ 6-1 I/O 接口的扩展.....	(171)
§ 6-2 简单外设.....	(180)
§ 6-3 数-模及模-数转换.....	(184)
习 题.....	(194)

第七章 单片机的应用与开发

§ 7-1 单片机的应用概述.....	(195)
§ 7-2 单片机的开发.....	(195)
§ 7-3 硬件系统设计和模块化软件结构.....	(197)
§ 7-4 编程技巧、测试和调试、排错和仿真.....	(199)
§ 7-5 MCS-51 系列单片机开发应用系统的设计要点.....	(200)
§ 7-6 介绍两种开发系统.....	(201)
§ 7-7 单片机的应用实例.....	(209)

第八章 MCS-96系列十六位单片机

§ 8-1	MCS-96 系列简介	(226)
§ 8-2	MCS-96 的内部结构	(229)
§ 8-3	MCS-96 的指令系统说明	(242)
§ 8-4	MCS-96 的指令系统简介	(245)
§ 8-5	MCS-96 单片机应用编程	(253)
§ 8-6	MCS-96 的总线时序和存储器连接	(259)
习 题		(261)

附 录

附录一	MCS-48 系列指令集表	(262)
附录二	MCS-51 系列管脚图及指令集	(270)
附录三	MCS-96 系列管脚图及指令集	(280)
附录四	部分芯片管脚图	(292)

第一章 绪 论

§ 1-1 微型计算机的基本结构

一台基本的微型计算机必须具有如图 1-1 所示的四个主要部分：

1. CPU(Central Processing Unit) , 中央处理单元包括有运算器、控制器等部件, 具有完成各种算术、逻辑、移位等操作以及取指令、执行指令等功能, 它是控制整个机器协调工作的总指挥。

2. 存储器 (Memory), 直接与 CPU 相连的存储器称为内存, 它具有存放程序、数据、表格、命令以及中间运算结果的功能。

3. I/O 接口 (Input/Output Interface), 它是外部设备和 CPU 通讯的桥梁, 一般外部设备如显示器、打印机、磁盘、磁带以及其它非电量的输入输出信号等在速度、电平、数据格式上都不能和 CPU 匹配, 只有经过 I/O 接口以后, 外设和 CPU 之间才能较好地通讯。

4. 总线(Bus), 它把 CPU、存储器及 I/O 接口有机地连接在一起, 使之各部分之间互相传送数据、命令或地址、控制信息。

一般微型计算机是由 CPU 芯片, 多个存储器芯片以及各种 I/O 接口芯片组成。常见的有: 以 Z80CPU 为核心的 TP801 单板微型计算机, TRS-80 微型计算机; 以 MC6502 CPU 为核心的 APPLE 微型计算机; 以 INTEL 8085 CPU 为核心的 SDK-85 单板微型计算机等。

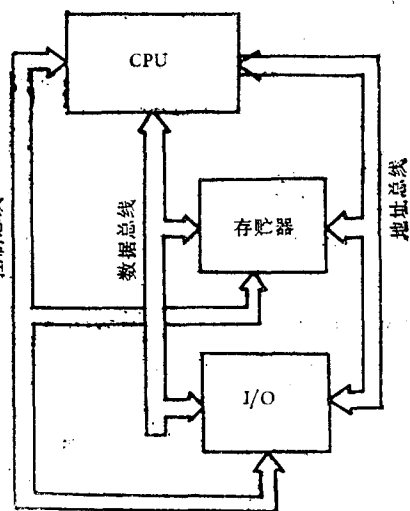


图 1-1 微型计算机结构框图

§ 1-2 什么是单片机

单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer) 简称单片机或微控制器 (Micro-Controller)。它将中央处理单元 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多种 I/O, 甚至 A/D, D/A 转换器件集成在一块大规模集成电路芯片上。这样一个芯片即为一台一定规模、具有独特功能的计算机。

单片机因规模不大、功能较全, 一块芯片上集成一台计算机所需的全部功能部件而得到了广泛的应用。图 1-2 是典型的八位单片机结构。

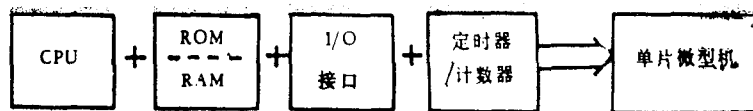


图 1-2 典型八位单片机及其结构框图

§ 1-3 国外单片机的发展情况

一、发展概况

1975 年单片机问世以来，据日本有关资料统计：

至 1979 年 10 月为止有 15 个系列 113 种单片机；1981 年 10 月为止有 26 个系列 172 种单片机；而到 1985 年 10 月就发展到 50 个系列 373 种单片机。

富士通、日本电气、东芝、冲电气、夏普等九家大工厂从事单片机生产，因为它有应用极广的民用市场与工业市场，能提供大批价廉物美、性能灵活多样、品种繁多、体积小、可靠性高的产品，故单片机很快就形成了多系列、多品种的生气勃勃的新局面。

1975 年美国 TEXAS 仪器公司发表了 TMS1000 系列 4 位单片机，1982 年不完全统计全世界有 300 多种单片机（而微处理器不到 100 种），4 位机的应用已相当普遍，品种以日本居多。现在，8 位机处于黄金时代，正在深入发展，应用范围在不断扩大，其中以美国为首。16 位机则刚刚兴起。

未来单片机的发展趋势是：由 NMOS 工艺向 CMOS 工艺过渡，向着更高集成化、更多位多功能、更强化处理控制问题的能力、更快的运算速度、更廉价低功耗、更能兼容开发和更好的软件固化的方向前进。

下面介绍各产家推出的单片机产品。推出八位单片机的产家有：

1. INTEL 公司的 MCS-48 系列，MCS-51 系列；
2. MOTOROLA 公司的 MC6801，MC6805/04；
3. ZILOG 公司的 Z8；
4. TEXAS 公司的 TMS 7000；
5. ROCKWELL 公司的 R6500/1；
6. NATIONAL 公司的 8070；
7. 日本电气公司的 UCOM-83。

推出十六位单片机的产家有：

1. INTEL 公司的 MCS-96 系列；
2. MOSTEK 公司的 68200；
3. DIGITAL EQUIPMENT 公司的 Micro/T-11 和 Micro/J-11；
4. TEXAS 公司的 TMS 9940。

8096 是 INTEL 公司 1983 年开发，1984 年投放市场的 16 位单片机。采用 HMOS IV 电路工艺实现了更高的集成度、它具有扩展 I/O 处理的 16 位 CPU，片内存储器包括 8K 字节 ROM，232 字节 RAM 寄存器文件，I/O 中包括一个 8 通道 10 位 A/D 转换器，一个全双工 UART，8 级优先中断，脉宽调制输出，四个 16 位软件定时器，两个 16 位硬件定时器，五

个 8 位 I/O 口和一个监视时钟、I/O 具有高速脉冲式传送能力；同时有 8 种高速脉冲输出启动事件，主频 12MHz。

十六位单片机在软件指令方面具有如下特点：

(1) 数据操作指令：8 位或 16 位带符号和不带符号的算术运算指令包括乘除指令，逻辑运算指令，位、字节、字、双倍字运算。

(2) 数据传送指令：按寻址方式有直接、立即、间接、变址以及自动增量间接传送，存放，推入，弹出。

(3) 程序操作指令：调用，跳转和返回。根据指令的 ± 128 个字节内标志的逻辑函数实现条件跳转，循环相关控制。

(4) 程序状态操作指令：零、符号、溢出、进位、溢出转移，中断允许，置位和清位。16 位加法指令需 $1\mu s$ ， 16×16 乘法指令需 $65\mu s$ 。

8096 将使用面向工业控制的语言，如 PL/M 语言，FORTH 语言。

据新近资料报道，日本三菱电子公司最近研制出 16 位单片民用微机。电路工艺采用 CMOS 结构，指令操作周期可达 500ns，可望成为世界上第一家采用 CMOS 技术生产 16 位单片机的公司。

展望单片机的发展，高性能的单片机（高位数、高处理性能、大存储容量等）必将不断出现，含多个处理器的单片机，图象和语言的处理、网络的通信处理等较复杂的系统都将成为单片机涉足的新领域。衡量单片机价值、不能只看性能指标，而应注重综合效益，4 位和 8 位单片机已能满足相当大范围的使用，16 位机主要用来扩大单片机应用范围。

二、单片机的分类

单片机分通用型单片机和专用型单片机两类，我们常说的单片机即通用型单片机。

通用型单片机把可开发的资源（如 ROM、I/O 口等）全部提供应用，如各系列单片机 MCS-48，MCS-51 等。

专用单片机也叫专用微控制器，它是微控制系统的集成化产品，如频率合成调谐器、录音机机芯控制器，打印机控制器等。

八十年代以来，世界上一些著名半导体器件厂家已投放市场产品就有五十个系列，三百多个品种，有一位单片机、四位单片机（ $\mu PD7502$ ，NEC）、八位单片机（MCS-48，MCS-51）16 位单片机（MCS-96）三十二位单片机（IMST414）。

有些单片机有很强的 I/O 驱动能力可直接驱动 LED 数码管。Z8671 型单片机在片内 ROM 中“掩膜”了 BASIC 解释程序，可理解高级语言（如 8052AH-BASIC）。

据报道英国 Inmos 公司低档高速 16 位单片机 IMST 机，指令操作速度已达 10MIPS（每秒 1 千万条指令），这是处理速度很高的单片机。据说浮点公司利用这种单片机作为协处理器，正设计超高速计算机系统。

三、产品等级

微处理器及其有关元器件过去分为两级：商用级和军用级。商用级的微处理器产品主要限于机房及办公室环境。军事运用环境条件苛刻，运行温度范围为 $-55 \sim 125^\circ\text{C}$ 。但工业应用环境，温度介于商用和军用之间，这就产生了工业级产品（Industrial Grade Product Line），运行温度范围为 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ 。工业级产品可靠性较商用级高，价格上较军用级低，

采用密封封装。单片机属于工业级产品，可靠性较高。

§ 1-4 单片机的应用

单片机是所有微处理机中功能价格比最高的一种，由于它具有使用容易、价格便宜、体积小、规格齐全、功能强、开发容易、面向控制等优点，从而使它在世界各地得到广泛的应用。

一、智能仪表方面的应用

智能仪表是单片机的重要应用领域，它使仪器仪表向数字化、智能化、多功能和易于通讯等方面发展。对软件功能提出实现自诊断，自检测，自校准和自处理，以及用软件代替硬件构成虚拟检测的要求。而对硬件结构则要求具有结构简单，工作可靠，体积缩小，成本降低，低功耗及掉电保护等特点。单片机不仅以高效的指令系统为软件功能的实现提供保证，而且其结构紧凑，高可靠性、低成本等特性远远超过一般的微处理器和单板机，特别是在低功耗和掉电保护上提供了非常有效的性能，单片机还可胜任测温、频率综合仪、频率计、各种医用仪器、电度表检测仪、锅炉热效率测试仪、金属腐蚀速度仪等等。

二、实时控制方面的应用

由于单片机体积小、价格便宜、使用单片机能实现某些机械电气控制功能，可使加工和装配简化。如在汽车中实现对前后车灯的控制，保证在转弯、慢行、刹车停靠等状态下发出相应的指示。过去是通过多路接触开关实现，易于损坏，且价格贵，也给加工、维修、装配带来困难。而今用一片 8051 单片机就能实现上述功能。另外单片机在打印机、电脑键盘控制，步进电机控制中的应用已屡见不鲜了。

三、单片机在“机电一体化”中的应用

所谓机电一体化是一新的技术性名词——Mechatronics，即机械学 (Mechanics) 和电子学 (Electronics) 的合成词、在这一领域中的产品是由机械技术与微电子技术、信息技术紧密结合而形成的。这种结合形成一种新的技术，生成的产品具有新的功能，将使整个机械、仪表的产品结构发生根本变革。

四、办公机械及家用电器中的应用

办公室自动化是现代科技社会的必然趋势，为了实现信息和数据处理的自动化，必须使用计算机和办公机械，如静电复印机、缩放复印机、胶印机、阅读机、中英文打字机等。在这些机器中使用单片机可取代其中某些机械部件，使之寿命延长，生产和装配周期大大缩短。

民用的缝纫机中加入微电脑后，改变了传统的构造方式和工作原理。日本用单片机代替凸轮控制的全电子缝纫机，不但结构简化而且还可提供几百种不同的缝纫线迹。家用电器方面，洗衣机、电视机、电冰箱，音响装置、电子游戏机等，使用单片机则更为普遍了。

五、单片机在国内的应用

1986 年 10 月召开的全国首届单片机开发与应用学术交流会的情况表明：单片机在国内的应用已进入国民经济的各个领域。

利用单片机强有力的测试功能，在纺织机械的测控、测试仪器改造、工艺过程控制应用中获得更高的性能价格比。利用单片机的实时控制功能研制了通用型步进电机控制器的程

序,两座标连续控制系统,多功能时序控制,可编程控器,通用锅炉节能系统等。单片机的高可靠性成为医用设备的首选器件,利用单片机研制出了人工心脏定时控制,神经电脉冲刺激仪,视听功能鉴别仪等医用仪器。单片机在农业领域中的应用显示了很大潜力,用单片机控制育秧棚温度、光照、湿度、模拟种子发芽、生长的最佳环境条件等取得了良好的效果。在家用电器的应用方面获得可喜成绩:由8039单片机控制的多功能缝纫机能绣出30种基本花样, 2.56×10^{12} 种组合图案,达到国际上80年代初的先进水平。录音机座采用单片机控制实现了触键、机芯分离,增加了节目选择功能以及自动演奏,循环放音,定时等特殊功能。

1988年5月在南京召开了全国第二届单片机应用的学术交流会,接着又召开1988年国际单片机年会,单片机的应用吸引着广大的电子技术人员和电子技术爱好者,也引起了众多生产厂家和企业家的极大关切。

§ 1-5 INTEL公司系列产品简介

1976年,美国INTEL公司推出了第一代八位单片机8048,尔后不断完善和扩展,8049以两倍的操作速度和两倍的存储器容量问世,另有8035和8039,它们的程序存储器全部外接。

随8048单片机相继开发的单片机有8049、8035、8039、8021、8022和8748等,它们与8048有相容的指令系统,并能共享8048的开发支持手段。

8049和8048完全可以互换,但它的程序存储器和数据存储器的容量均是8048的两倍。

INTEL8039和8035也是两个完全可互换的处理机,两者与8049,8048不同之处是没有内部程序存储器。8039的数据存储器容量是8035的两倍。MCS-48(8048H, 8748, 8035HL)称为基本型。MCS-49(8049H, 8749H, 8039H)称为增强型。8020/21/22称为MCS-48的低档型。

8021是一个新的价格很低的MCS-48系列产品,它的指令系统包含了8048的一个子集。

8022它比8021功能强,ROM增加了一倍,I/O口也增加了,且片上还有两路8位A/D转换器。

8748带有用户可编程和可擦除的EPROM程序存储器。8748基本是一个单片微计算机实验器,适用于样机开发,然后用8021、8048,或8049进行大规模生产。

MCS-48设计成既可作为运算的处理机,又可作为有效的控制处理机。能测试累加器的任一位。它们有大量的转移、查表指令。使这些处理机能有效的实现标准的逻辑功能,该指令系统中70%以上的指令为单字节指令,其它为双字节。这样使在其它计算机上需1.5k~2k字节的程序可装入8048 1k的ROM中。而一般3k~4k字节的程序可装入8049的ROM中。

使用特定的扩展接口或标准存储器和外围接口,可把这一系列的单片微计算机功能从外部加以扩展,8243是一个价廉的有效的I/O扩展器,一个芯片上提供16根I/O线,程序和数据存储器可用8355、8155存储器加以扩展,它们还有可编程I/O口及定时/计数器。

串行通讯等功能，对于键盘、显示器，可使用标准MCS-80/85外围电路来控制。

在这些品种繁多的系列产品中，最有代表性的基本机型是采用HMOS(高密度NMOS)工艺的8048H整个MCS-48系列都可看成是一个以8048H为中心向上和向下辐射而成的各具特色而有极大共性的大家族。

由于HMOS技术的发展，八十年代初诞生了高档八位单片机INTEL8051，它与8048相比，机芯硅片面积为原来1.4倍，片上集成了6万只晶体管，而程序存储器容量为原来的4倍，数据存储器为原来的2倍，寄存器组和定时器都增加了一倍，I/O线增加了7条，强化了指令系统并开始形成完整的位处理指令集，增加了全双工串行口，指令执行时间为原来的2.5~10倍。

INTEL公司采用最新的制造工艺成就，于1983年推出了世界第一流的第三代单片机产品——MCS-96系列，成为世界上迄今为止集成度最高的单片机，片内有12万多个晶体管，由一个高性能的十二位CPU，8k字节的程序存储器，232个字节的数据存储器和多个I/O口及A/D，D/A转换器组成。

INTEL公司近年又推出了介于MCS-51系列和MCS-96系列之间的CHMOS 83C252/87C252/80C252。它们的指令系统与MCS-51系列完全兼容，但又具有MCS-96系列高速输入/输出的功能，同时还有两极程序保密和智能编程的特性。

表1-1列出了INTEL单片机年代表。表1-2列出了三代单片机的系列型号。

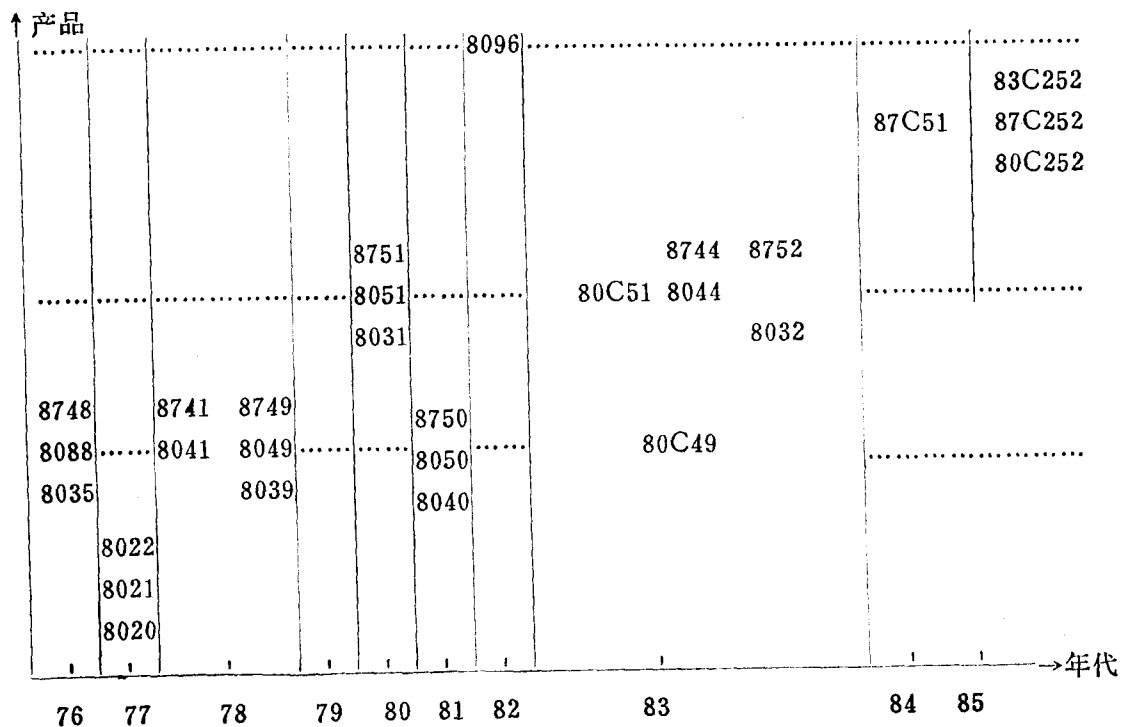


表 1-1 Intel 单片机年代表

表 1-2 Intel 单片机系列性能表

特性 系列	ROM形式				片内 ROM (字节)	片内 RAM (字节)	寻址 范围 (字节)	I/O				中 断 源	备 注
	片内ROM	片内EPROM	外接EPROM					计数器	并行I/O	串行I/O	A/D		
MCS-48	8048	8748	8035		1K	64	4K	1×8位	32(16*)位			2	
	80C48		80C35		1K	64	4K	1×8位	32(16*)位			2	CHMOS
	8049	8749	8039		2K	128	4K	1×8位	32(16*)位			2	
	80C49		80C39		2K	128	4K	1×8位	32(16*)位			2	CHMOS
	8050	8750	8040		4K	256	4K	1×8位	32(16*)位			2	
	8020				1K	64	1K	1×8位	8位			0	
	8021				1K	64	1K	1×8位	8位			0	已不作推荐
	8022				2K	64	2K	1×8位	8位		2×8位	2	
MCS-51	8041	8741			1K	64	4K	1×8位	32位			2	I/O 处理器
	8042	8742			2K	128	4K	1×8位	32位			2	
	8051	8751	8031		4K	128	64K+64K	2×16位	32(16*)位	1		5	
	80C51	87C51	80C31		4K	128	64K+64K	2×16位	32(16*)位	1		5	87C51 有两级程序保 密系统和智能编程
	8052		8032		8K	256	64K+64K	3×16位	32(16*)位	1		6	
	83C252	87C252	80C252		8K	256	64K+64K	3×16位	32(16*)位	1		7	•两级程序保密系统 •HSIO功能
	8044	8744	8344		4K	192	64K+64K	2×16位	32(16*)位	HDLC/ SDLC		5	I/O 处理
	8396	8796	8096		8K	232	64K	4×16位**	40(24*)位	1		8	68引脚
MCS-96	8394	8794	8094		8K	232	64K	4×16位**	40(24*)位	1		8	40引脚
	8397	8797	8097		8K	232	64K	4×16位**	40(24*)位	1	8×10位	8	68引脚
	8395	8795	8095		8K	232	64K	4×16位**	40(24*)位	1	4×10位	8	48引脚

注: •片外接EPROM **软件定时器 ...有高速输入/输出(HSIO)功能

第二章 微型计算机的基本知识

在这一章中我们要介绍与微型计算机有关的一些基本知识，这些知识对于学习单片机比较重要。由于计算机中的数是以器件的物理状态来表示，而这种物理状态多以开关的通断、电平的高低两种状态出现，于是我们使用二进制数来表示它的状态和进位制数，为使初学者能系统了解微机的基本知识，本章还将介绍一些基本逻辑部件。

§ 2-1 微型计算机的工作过程

一、工作过程

我们知道，计算机能脱离人的直接干预，进行数据采集、计算和加工处理、自动控制等。

人们为了完成某一特定的任务，首先得编制程序，将编制好的程序通过外部设备如穿孔纸带机、带显示终端的键盘、卡片机或普通键盘等送至机器的内存储器中，或者把原已存于磁盘、磁带等外存储器的程序调至机器的内存储器中，然后通过操作台发出命令，命令计算机执行程序。计算机接到执行命令就会有有条不紊地工作，这个工作过程用户是看不见的。只有当用户命令计算机停止执行，计算机才会停止工作。微型计算机就是按照人们预先编制好的程序一步一步地执行。微机执行每一条命令称为一条指令，完成特定任务的指令集合称为程序。

指令通常分成操作码和操作数两大部分。操作码表示计算机执行什么操作，操作数表示参加操作的数本身或操作数所在的地址。指令有长有短，其长短用“字节”(byte)表示，一般规定用八位二进制数表示一个“字节”。指令有一字节、二字节、三字节或更多字节之分，但单片机指令多为一字节或二字节。显然，字节数较少的指令，执行时间短。

一条指令中，操作码是制造厂家设计规定的。因此，不同的机器会有自己不同的指令系统，每条指令中寻找操作数的方式有不同。每个机器制造厂家都有自己寻找操作数的方式，称为寻址方式。我们后面要介绍到寻址方式。

二、程序计数和状态

程序总是预先存放在程序存储器中，计算机通常按顺序把这些指令逐条取出来加以执行，这样，就必须有一个器件能跟踪指令所在的地址，该部件称为程序计数器 PC(Program Counter)，PC 中存放的总是下一条要执行的指令所在的地址，PC 器件多是 16 位二进制而单片机中有的是 12 位二进制。当取出一条指令（取一个字节），PC 中的内容加 1，以指向下一条要执行的指令所在的地址。当碰到转移时，PC 的内容就不是自动加 1，而是按照指令的规定改变 PC 的内容，指向转移到要执行的那条指令所在的地址。程序是否转移是由用户预先编制好的，而计算机会根据内部的一个称为标志 F(Flag)的寄存器或称为程序状态字 PSW(Program State Word) 的寄存器的指示决定转移与否，

F 寄存器或 PSW 寄存器都与计算机的运算部件相连, 运算后产生的结果影响 F 或 PSW, 从而能决定转移的进行。

三、关于汇编语言及汇编语言程序

程序设计是所有数字计算机应用中最重要的一环之一。

没带软件的计算机称为裸机, 什么工作也不会做。

几台同型号的计算机, 在外部硬件完全一致的条件下, 由于配备有不同的软件, 其功能就大不相同。

采用微型机控制系统或微处理器化电子设备虽所用的处理器芯片一样, 但所配置的软件程序不一样, 它们就能完成不同的功能。

由此可见软件的学习和研究格外重要。程序是使计算机执行某一特定任务一系列指令的组合。换句话说, 人们把一些要做的事或工作, 根据它们互相之间的关系 (自然的或人们的需要), 按一定先后次序排列起来的计划。计算机的工作就按这个计划有步骤有次序的进行。

一台微机工作的“能力”表现为它的各种指令功能。我们把具有不同功能的各种计算机指令按某一算法所要求的次序排列起来, 并给予指令执行中所需的各种数据, 这就形成了计算机程序。

计算机程序的表现形式可分为两大类:

一类是面向计算机的机器语言程序, 另一类是面向使用者类似于英语的语言程序。它还可分为低级语言程序和高级语言程序。语言是人们交换信息的媒介, 编制程序指挥计算机如何运转, 也是一种信息的传递。

使用机器能辨识的二进制代码编写的程序, 称为机器语言程序, 也称目标程序或目的程序。

$16^1 = 2^4$ 一位十六进制数相当于四位二进制数, 十六进制与二进制的转换十分简单。

目前微型计算机中普遍采用 16 进制表示数, 这有两个原因:

1. 16 进制与 2 进制数之间转换十分方便;
2. 目前微型机应用以 8 位机为主, 字长为 8 位, 可用两位十六进制数表示, 书写简短, 便于阅读。

计算机中各种数制用下列字母来区别:

B(Binary)——二进制, H(Hexadecimal)——十六进制, D(Decimal)——十进制。

对于 8 位微处理器来说, 8 位 (一个字节 byte), 作为处理信息的基本单位。相应 8 位微处理器中有 8 根数据线 (数据总线)。

数据字的格式由 8 位二进制数构成, 即 $D_7 \sim D_0$,

MSB (最高有效位)

LSB (最低有效位)

$D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, D_0$

如完成 A 累加器内容和存储单元 2000H 的内容相加, 将其结果存入 2040H 内存单元的一个 Z80 CPU 目标程序如下:

二进制	16 进制
0 0 1 0 0 0 0 1	2 1
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0
0 0 1 0 0 0 0 0	2 0
1 0 0 0 0 1 1 0	8 6
0 0 1 1 0 0 1 0	3 2
0 1 0 0 0 0 0 0	4 0
0 0 1 0 0 0 0 0	2 0

这是一个极简单的目标程序，若没有说明要看懂这些 0 和 1 的代码是十分困难。

用二进制码编写程序易出错、难读、难懂，而用十六进制数写起来较短，检查起来也不会那么麻烦，代码书写错误也较容易发现，将十六进制数转换成二进制数，通常由计算机完成（一般微机，单板机都有这种转换功能）。

每条指令都给取一个名称，这个指令码的名称叫做**记忆符**或**助记符**，它能帮助你理解每条指令的含义。许多助记符都是一看就懂，如 ADD, INC 等。例如：

```

MAIN: MOV  A, #6      ; 预置定时器
      MOV  T,  A
      ADD  A,  Rn     ; 寄存器内容加到 A

```

此程序并非一看就懂，但比二进制和十六进制代码要易懂得多，这种用助记符书写的程序称为**汇编语言程序** (Assembly Language)。

汇编语言程序必须翻译成十六进制或二进制，这可借助指令表手工翻译，这种方式称**手工汇编**。而一台微机要具备这种翻译本领，必须有一种叫“汇编程序”的软件支援。

汇编程序的输入是用汇编语言编写的源程序，输出是目标程序（反汇编是相反的过程）。

要用汇编语言进行程序设计，你就要了解你所用微型机的性能，了解它有什么寄存器和指令系统等。

目前应用微机实现实时控制，大都采用汇编语言而不采用高级语言，这是因为高级语言必须由编译程序生成目的程序，这要占用较多的内存，比较适合大、中型计算机，而对内存量有限的微机不够方便。高级语言也可由解释程序生成目的程序，解释程序虽占内存小，由于对中间程序边解释边执行速度较慢，这对本来速度就低的微机也不适宜。即使内存量及速度都满足要求，但很多微机尚不能用高级语言来实现中断管理及模拟量的输入输出。

因此，有人比喻用高级语言来编制控制程序，好象用筷子喝汤一样困难。

目前出现一些微机允许用户在用汇编程序中调用以 FORTRAN 语言编制的子程序，这可用来完成复杂的控制算法或一些数学运算（如 SIN, COS, LOG 等）。而在 FORTRAN 语言程序中调用汇编语言程序，可用来管理中断或进行信息的输入输出，这样兼顾了汇编语言速度快，而高级语言便于处理较复杂的数学运算，大大方便了用户。

（一）系统软件 (System Software)

系统软件是为了方便用户和充分发挥微机效能所提供的软件，它包括操作系统、监控程序、汇编程序、编译程序、编辑和诊断程序等。