

DANPIAN WEIJI YUANLI XITONGSHEJI YU YING

面向 21 世纪系列教材

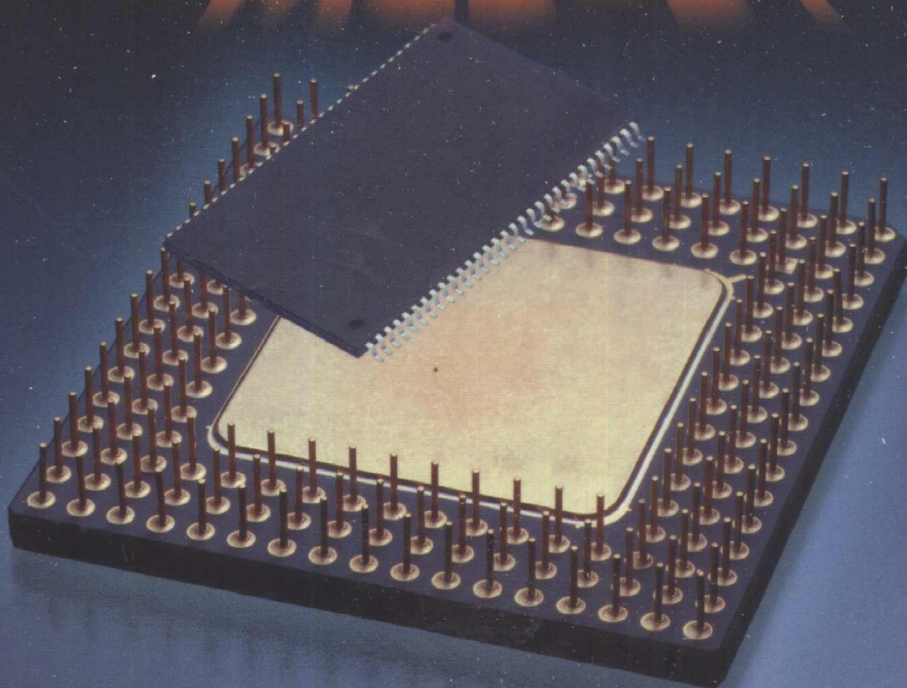


单片微机原理 系统设计与应用

万福君 潘松峰 等编著

(第 2 版)

MCS-51



中国科学技术大学出版社

705

TP368.1.43

VL24(2)

面向 21 世纪系列教材

单片微机原理 系统设计与应用

(第2版)

万福君 潘松峰 张洪信

编著

徐茂荣 王秀梅



A0957162

中国科学技术大学出版社

2001 · 合肥

内 容 简 介

本书第 2 版是根据近几年教学和科研反馈的信息,以及最新涌现出的与 MCS-51 相兼容的新型系列单片机,对第 1 版的一些章节内容进行了调整,使其内容更丰富、更具系统性、先进性和实用性。

本书仍以 MCS-51 系列单片机为基本内容。介绍了微型机的基本概念,阐明了 8051 机的内核结构、工作原理、面向用户的特性、指令系统、程序设计以及常用外围芯片;叙述了单片机存储器系统设计、输入/输出接口设计、A/D、D/A 转换技术和中断系统的设计与应用;讨论了用户系统软硬件的设计方法;最后还介绍了 MCS-51 系列中独具特色的新型兼容机及其新增特性。各章均附有相当数量的习题与思考题。

该书阐述清楚、通俗易懂、便于自学,可作为高等院校微机原理和单片机原理课程的教材(40~60 学时),也可作为科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理系统设计与应用(第2版)/万福君等编著.—合肥:中国科学技术大学出版社,2001.8

ISBN 7-312-01293-0

I.单… II.①万… III.单片微型计算机—系统设计—高等学校—教材 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 043631 号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787×1092/16 印张:23.5 字数:600 千

2001 年 8 月第 2 版 2001 年 8 月第 2 次印刷

印数:11001—17000 册

ISBN 7-312-01293-0/TP·275 定价:25.00 元

第 2 版 前 言

本书第 1 版 1995 年出版后,得到了各方朋友的大力支持,他们提出了许多宝贵意见,使本书第 2 版的编写工作顺利完成。在此谨向朋友们表示衷心感谢。

MCS-51 系列是我国较早引进的 Intel 公司的单片机产品。由于其性能优良,已被国内用户广泛认可和采用,占有了主要的市场分额。同时,单片机产品的性能在不断提高,技术在不断更新换代。近几年,一些公司面向市场推出以 8051 为内核,独具特色、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,ADI 公司的 ADuC 系列,以及 SIEMENS 等公司也都在 8051 的基础上先后推出了新型兼容机。这些产品不仅具有相同的 CPU 和指令系统,有些产品的引脚功能也完全相同,而其 CPU 的速度、功能、内部资源以及寻址范围、可扩展性等方面都有大幅度的提高和增加。凡是学习和使用过 MCS-51 单片机的人,再学习、掌握和使用该系列兼容机的新增特性就非常容易了。这样既保护了广大用户早期对产品的软硬件投资,又使产品升级换代了。

由于 MCS-51 系列单片机具有体积小、功能全、价廉、面向控制、应用软件丰富、技术在不断更新、开发应用方便等优点,可以适应各个应用领域的不同需要,因而具有极强的竞争力,应用前景广阔。今后它仍将是科技界、工业界广泛选择应用的 8 位微控制器,仍将是单片机应用的主流机种。所以,它也仍将是高等院校教材的首选内容之一。

本书保持并优化了第 1 版的教学体系结构,删除了不实用的和过时的内容,充实了 MCS-51 基本型面向用户的特性及其系统设计方法。以较大的篇幅介绍了 MCS-51 系列新型兼容机的性能。力求做到:深入浅出、条理清楚、重点突出、理论联系实际、例题多、便于自学。另外,其内容结构合理、可选择性好、便于按课程的学时数组织教学。

第 2 版由万福君教授主持编写,潘松峰副教授编写了 7、8、9 章,参加编写的人员还有徐茂荣副教授、张洪信、王秀梅老师等。编写过程中合肥工业大学张辉,第二炮兵工程学院孙继银,天津电子信息技术学院王书增等专家教授都提出了很好的修改意见,在此向他们表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中仍难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2001 年 6 月于青岛

目 录

第 0 章 绪论	(1)
0.1 微型计算机发展史	(1)
0.2 微型计算机的分类	(2)
0.3 微型计算机的应用	(2)
第 1 章 微型机的基本知识	(4)
1.1 微处理器、微型机和单片机的概念	(4)
1.2 微型机模型的组成	(4)
1.3 微机系统	(12)
1.4 单片微型计算机	(16)
习题与思考	(28)
第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构	(29)
2.1 MCS-51 单片机主要功能特点	(29)
2.2 MCS-51 单片机内部结构分析	(30)
2.3 MCS-51 单片机的引脚功能	(32)
2.4 MCS-51 的存储器组织	(39)
2.5 MCS-51 CPU 时序	(47)
2.6 MCS-51 低功耗运行方式	(49)
2.7 MCS-51 内部程序存储器的写入、校验和加密	(50)
习题与思考	(52)
第 3 章 MCS-51 指令系统	(54)
3.1 指令系统概述	(54)
3.2 MCS-51 指令的寻址方式	(61)
3.3 MCS-51 指令系统介绍	(66)
习题与思考	(102)
第 4 章 汇编语言程序设计	(107)
4.1 概述	(107)
4.2 简单程序	(108)
4.3 分支程序	(111)
4.4 循环程序	(118)
4.5 查表程序	(126)

4.6	子程序的设计及其调用	(130)
4.7	程序设计举例	(137)
	习题与思考	(147)
第 5 章	存储器系统设计	(150)
5.1	MCS-51 存储器系统配置	(150)
5.2	程序存储器扩展设计	(151)
5.3	数据存储器扩展设计	(161)
	习题与思考	(170)
第 6 章	MCS-51 定时/计数器、串行口及中断系统	(171)
6.1	MCS-51 定时/计数器	(171)
6.2	MCS-51 串行口	(182)
6.3	MCS-51 单片机中断系统	(193)
	习题与思考	(203)
第 7 章	I/O 接口扩展设计及应用	(205)
7.1	概述	(205)
7.2	可编程并行 I/O 接口芯片 8255A	(205)
7.3	可编程 RAM/IO 扩展器 8155/8156	(213)
7.4	用 TTL 芯片扩展简单的 I/O 接口	(218)
7.5	显示器与键盘接口	(221)
7.6	并行打印机接口	(240)
	习题与思考	(250)
第 8 章	数模及模数转换器接口	(251)
8.1	D/A 转换器 (Digital to Analog Converter)	(251)
8.2	MCS-51 单片机与 8 位 D/A 转换器接口技术	(253)
8.3	MCS-51 单片机与 12 位 D/A 转换器接口技术	(259)
8.4	D/A 转换器接口技术举例	(262)
8.5	A/D 转换器 (Analog to Digital Converter)	(268)
8.6	MCS-51 单片机与 8 位 A/D 转换器接口技术	(270)
8.7	MCS-51 单片机与 12 位 A/D 转换器接口技术	(276)
8.8	测控系统中的模拟量输入通道	(281)
8.9	A/D 转换中数字滤波程序设计	(288)
	习题与思考	(290)
第 9 章	与 MCS-51 兼容的新型单片机	(292)
9.1	ATMEL 89 系列单片机	(292)

9.2 Philips 公司 8XC552 系列单片机.....	(300)
9.3 ADI 公司 ADuC 系列微转换器.....	(314)
第 10 章 单片机应用系统研制方法.....	(338)
10.1 单片机应用系统的设计.....	(338)
10.2 单片机开发系统.....	(349)
10.3 单片机应用系统调试.....	(353)
习题与思考.....	(357)
附录.....	(358)
附录 I ASCII 码字符表.....	(358)
附录 II MCS-51 系列单片机指令表.....	(359)
参考文献.....	(368)

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，人们可以坐在家里，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)。

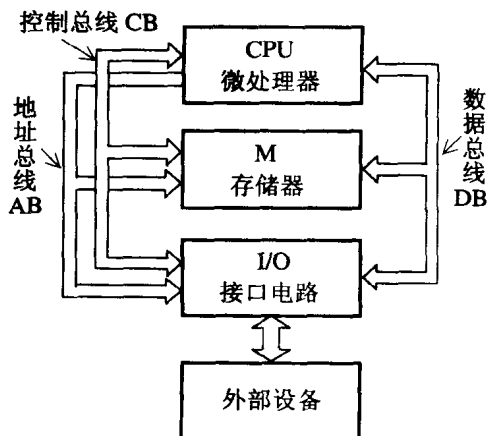


图 1-1 微型计算机组成

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。

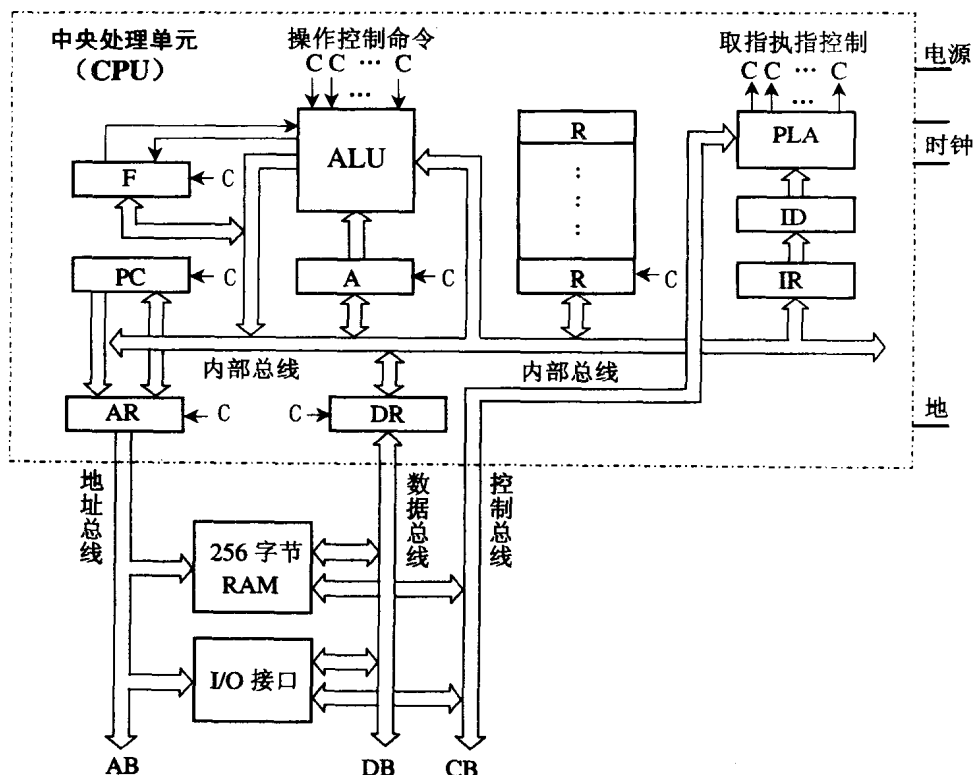


图 1-2 微机硬件模型框图

1.2.1 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

(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。 $Z = \overline{D_7 + D_6 + \cdots + D_0}$

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。

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。

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。

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 $-128 \sim +127$ 。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：

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。

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。

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。

- 7

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。

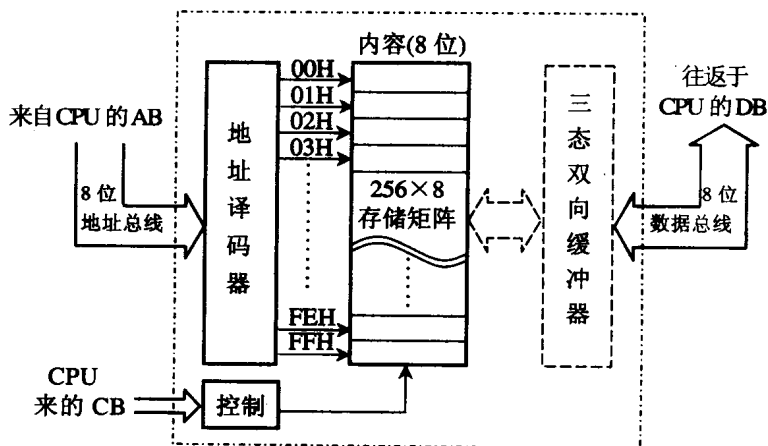


图 1-3 存储器 RAM 结构

（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。

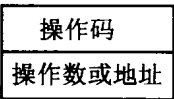
仅有硬件计算机无法工作，必须使用各种程序，这就是计算机软件。程序即用户要解决某一特定问题所编排的指令序列，编排的过程称为程序设计。

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。

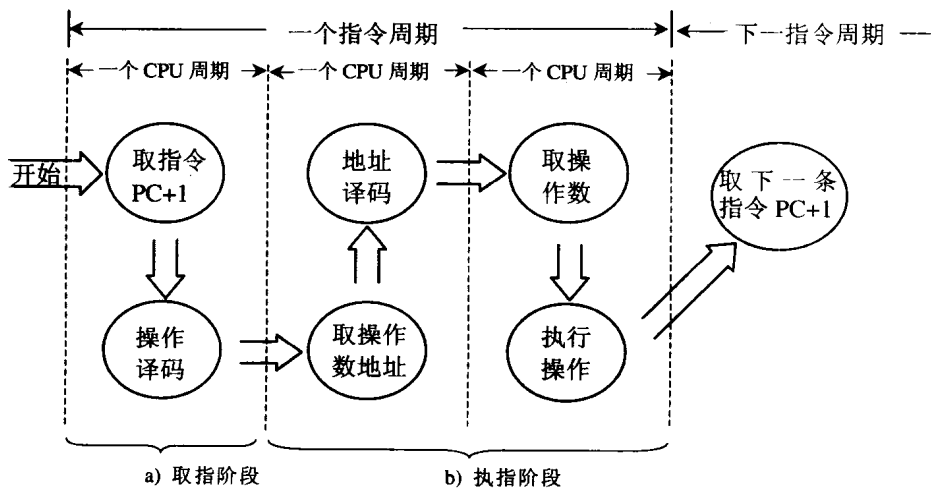


图 1-4 直接寻址的指令执行周期

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，

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。

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。

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
...		...	

[illegible]

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