

单片微型计算机 原理及接口技术

南京机械高等专科学校 穆 兰 主 编
郑州工业高等专科学校 刘自然 副主编

高等专科学学校机电一体化专业系列教材

机械工业出版社

高等专科学校机电一体化专业系列教材

单片微型计算机原理及接口技术

主 编 穆 兰

副主编 刘自然

章剑青

参 编 滕栩楠

周 昕

主 审 唐俊杰

本书从计算机基础知识开始,主要介绍 MCS-51 系列单片机的结构、指令系统、系统扩展、接口技术及应用实例,内容包括:计算机基础知识、MCS-51 系列单片机结构、汇编语言程序设计、输入/输出与中断、存储器的扩展、接口技术及应用实例。

本书是为高等专科学校机电一体化专业编写的教材,具有较强的系统性、先进性和实用性。内容由浅入深,配有习题,便于自学。本书还可供机械制造、模具设计与制造、汽车工程等专业教学使用,也可供职业大学、业余大学以及从事动态测试、控制和智能仪器仪表等工作的工程技术人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及接口技术/穆兰主编. —北京:
机械工业出版社,1999.5
高等专科学校机电一体化专业系列教材
ISBN 7-111-05146-7

I. 单… II. 穆… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材
②单片微型计算机-接口-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 12049 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王小东 版式设计:霍永明 责任校对:张佳

封面设计:姚毅 责任印制:何全君

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 1 月第 1 版 第 5 次印刷

787mm×1092mm^{1/16} · 14.25 印张· 342 千字

19001—23000 册

定价:19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

随着计算机技术在社会各个领域的渗透,单片微型计算机(简称单片机)已广泛地应用到人们工作和生活方面的各个领域,并成为当今科学技术现代化的重要工具。为适应科学技术发展的需要,非计算机专业的工程技术人员,尤其是从事机电工程的技术人员,迫切希望并且也有必要掌握单片机的基本原理、接口技术及应用,并用以分析和解决在各自工作中碰到的实际问题。为此,我们在机械工业出版社教材编辑室的组织下,编写了此书。

本书是根据“高等工业专科学校机电一体化教学与教材研讨会”对机电一体化专业的培养目标要求而编写的,系高专机电一体化专业的系列教材,同时也适于作为高专其它非计算机专业的教科书,也可供职业大学、业余大学使用。参编人员均具有多年丰富的科研及教学经验,在编写此书时,力求根据非计算机专业学生的学习特点,做到深入浅出、通俗易懂。同时本书十分注重理论联系实际,较详尽地讨论了单片机的扩展、接口及在机电产品中的应用,并提供了许多实用程序和应用实例,为非计算机专业的科技工作者对单片机的灵活应用奠定了良好的基础。

全书共分七章,第一章介绍计算机的基础知识,第二、三章分别介绍 MCS-51 系列单片机的结构、指令系统及汇编语言程序设计,第四章介绍输入/输出与中断的概念、MCS-51 单片机的中断系统以及 MCS-51 单片机的片内定时/计数器及串行通信接口原理及应用,第五章介绍 MCS-51 系列单片机的存储器扩展电路设计及最小系统,第六章介绍 MCS-51 系列单片机常用接口芯片的原理及应用,第七章为应用程序举例。全书内容全面,循序渐进,说理透彻。

本书由南京机械高等专科学校穆兰主编,并编写第一、四、五章;郑州工业高等专科学校刘自然为副主编,并编写第六章;第二章由南京交通高等专科学校章剑青编写;第三章由丹东纺织高等专科学校滕栩楠编写;第七章由哈尔滨工业高等专科学校周昕编写。

本书由上海机械高等专科学校唐俊杰副教授主审,并提出了许多宝贵的意见和建议。鞠苏明为本书图稿的绘制与核对以及书稿的整理做了大量工作,在出版过程中还得到其它同志的大力帮助,在此谨向他们致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不少缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

1996 年 2 月

序

随着微处理器和微型计算机的问世，电子计算机已深深介入机械制造的各个领域，一系列机、电、计算机一体化的新产品诞生。为适应这个变化，迫切需要高等工业专科学校培养制造、调试、使用、维修机电一体化产品的技术人才。有鉴于此，不少高等工业专科学校在多年探索机制专业改造并取得经验的基础上正在创办机电工程（机电一体化）专业，以满足社会的需要，但各校对新开专业缺乏经验。缺少教材和师资，在此形势下，1995年3月机械工业部教材编辑室在全国机制专业教材编审委员会和全国高等工业专科学校机制专业协会的协助下于南京召开了高等工业专科学校机电一体化教学与教材研讨会，研讨了机械行业技术发展的大趋势，认为办好机、电、计算机紧密结合的新机电工程专业，培养制造、调试、使用、维修机电一体化产品的机电一体化人材是非常必要的。为给机电一体化专业奠定物质基础，会议决定立即组织第一批急需的机电一体化专业系列教材，初步确定了各教材的主编、协编和主审人员。1995年4月机械工业部教材编辑室又在长沙召开了各课程编写大纲会，并进一步调整、落实了编审班子。会后各参编教师立即行动，认真撰写，在1995年9月威海召开的审稿会的基础上，历经了一年左右时间，这一套统编教材终于陆续交稿出版。

这批教材的出版是我们对机电工程（机电一体化）专业教学的一种尝试，希望它能满足各校的教学所需，这套教材在组织编写过程中得到了众多学校和老师的热心帮助，在这里特向吴善元、盛善权、黄鹤汀、易泓可等诸位老师表示衷心的感谢。

机械工业部教材编辑室

1995年6月

目 录

序 前言

第一章 计算机基础知识	1
第一节 微型计算机的发展和应用概况	1
一、微型计算机的发展简史	1
二、微型计算机的应用	2
三、常用术语	2
第二节 微型计算机的硬件组成及工作过程	2
一、微处理器、微型计算机、微型计算机系统的概念	2
二、微型计算机的硬件组成	3
三、微型计算机的工作过程	5
第三节 Intel 系列单片机简介	5
一、MCS-48 系列单片机	6
二、MCS-51 系列单片机	6
三、MCS-96 系列单片机	7
第四节 计算机中的数和编码	8
一、进位计数制	8
二、计算机中数的表示和编码	8
第五节 半导体存储器简介	11
一、半导体存储器的分类	11
二、随机存储器 (RAM)	12
三、只读存储器 (ROM)	12
四、半导体存储器的主要参数	12
五、芯片存储容量的计算	13
思考与练习	14
第二章 MCS-51 系列单片机的内部结构	15
第一节 MCS-51 系列单片机芯片内部结构	15
一、MCS-51 系列单片机的组成	15
二、中央处理器 (CPU) 的结构	16
第二节 MCS-51 系列单片机内部存储器结构	17
一、程序存储器	18
二、片内随机存储器 (RAM) 和	

特殊功能寄存器 (SFR)	18
三、片外数据存储器	25
四、并行 I/O 口的结构及操作	25
第三节 MCS-51 系列单片机的芯片引脚及时序	28
一、MCS-51 系列单片机引脚功能说明	28
二、复位	29
三、时序	30
四、8031 单片机最小系统	31
思考与练习	33
第三章 汇编语言程序设计	34
第一节 MCS-51 系列单片机的指令格式及寻址方式	34
一、指令及其表示法	34
二、指令中的符号说明	34
三、寻址方式	35
四、位寻址与布尔处理器	38
第二节 MCS-51 系列单片机指令系统	39
一、数据传送指令	39
二、算术运算指令	44
三、逻辑运算指令	48
四、位操作指令	51
五、控制转移指令	52
六、指令的应用	56
第三节 汇编语言程序设计方法	58
一、程序设计语言简介	58
二、MCS-51 系列单片机汇编语言源程序的格式	59
三、伪指令	60
四、汇编	62
五、程序设计步骤	64
第四节 汇编语言程序设计举例	65
一、顺序程序的设计	65
二、分支程序的设计	67
三、循环程序的设计	69

四、子程序的设计	72	思考与练习	123
五、程序设计举例	74	第五章 MCS-51 系列单片机存	
思考与练习	78	储器的扩展	124
第四章 输入/输出与中断	80	第一节 三总线的扩展方法	124
第一节 输入/输出数据的传送方式	80	一、MCS-51 系列单片机的片外	
一、CPU 寻址外围设备的方式	80	总线结构	124
二、CPU 与外设间的接口信息	81	二、MCS-51 系列单片机的系统	
三、CPU 与接口电路间数据的传		扩展能力	125
送方式	81	三、MCS-51 系列单片机常用存	
四、CPU 与外设数据的传送形式	83	储器扩展芯片	125
第二节 中断综述	83	第二节 程序存储器的扩展	125
一、中断的概念	83	一、程序存储器扩展的基本原理	126
二、中断的响应过程及处理	86	二、程序存储器 EPROM 的扩展	
第三节 MCS-51 系列单片机中断		方法	127
系统	87	三、程序存储器 EEPROM 的扩	
一、中断源及其中断服务程序入		展方法	131
口地址	87	四、在实际扩展电路中应注意	
二、中断允许寄存器 IE	88	的问题	133
三、中断优先级寄存器 IP	88	第三节 数据存储器的扩展	134
四、中断硬件查询电路	89	一、数据存储器扩展的基本原理	134
五、中断信号类别及标志的有关		二、数据存储器 SRAM 的扩展方法	135
规定	90	三、作为片外数据存储器的	
六、MCS-51 系列单片机对中断		EEPROM 扩展	138
的响应	90	第四节 典型的 MCS-51 系列单片机的	
七、中断程序举例	92	存储器扩展电路	139
第四节 MCS-51 系列单片机片内		一、扩展 32KB RAM、32KB EPROM	
定时/计数器	95	的 8031 单片机系统	139
一、定时/计数器的内部结构及		二、扩展 4KB RAM、4KB EPROM 的	
工作原理	95	8031 单片机系统	139
二、定时/计数器的方式控制和		三、扩展 64KB RAM、64KB EPROM	
标志寄存器	96	的 8031 单片机系统	143
三、定时/计数器的工作方式	97	第五节 MCS-51 系列单片机最小应用	
四、定时/计数器编程举例	99	系统设计	143
第五节 MCS-51 系列单片机片内		一、单片机的时钟设置与应用	143
串行通信接口	104	二、单片机的复位电路	145
一、可编程的串行通信接口概述	104	三、8051/8751 的最小应用系统	146
二、MCS-51 系列单片机片内串行		四、8031 单片机的最小应用系统	147
通信电路的组成和特性	106	思考与练习	148
三、MCS-51 系列单片机片内串行		第六章 MCS-51 系列单片机接	
通信接口工作方式	109	口技术	149
四、波特率的设定	114	第一节 I/O 接口扩展	149
五、多机通信原理	116	一、可编程并行接口芯片 8255	149
六、串行接口通信举例	116		

二、可编程 RAM/IO 接口芯片	
8155	159
第二节 七段 LED 显示器接口	164
一、七段 LED 显示器工作原理	164
二、动态显示程序设计	165
第三节 键盘接口原理	166
一、键盘工作原理	167
二、单片机对非编码键盘的 控制方式	167
三、可编程键盘/显示器接口 8279	169
第四节 MCS-51 系列单片机与 D/A、A/D 的接口	175
一、DAC 及 ADC 的性能指标	176
二、集成 D/A 转换器 DAC 0832	178
三、集成 D/A 转换器 AD 7543	181
四、集成 A/D 转换器 ADC 0809	184
五、集成 A/D 转换器 AD 574	187
第五节 RS-232 串行通信接口与 MCS-51 系列单片机的联接	190
一、电平转换电路	191
二、MCS-51 系列单片机与 RS-232 标准接口电路的联接	192
第六节 MCS-51 系列单片机与 微型打印机的接口	192
一、TP- μ P-16 微型打印机	193
二、FD39-GP16 微型打印机	194
三、彩色绘图打印机 LASER PP40	196
思考与练习	198
第七章 应用系统实例	200
第一节 温度测量系统	200
一、工作原理	200
二、程序流程图说明	200
第二节 电动机转速的测量和控 制系统	201
一、工作原理	201
二、电原理图说明	203
三、程序流程图说明	203
第三节 X-Y 绘图仪的机械与控 制系统	204
一、工作原理	205
二、软件设计	206
第四节 单片机在采暖锅炉控制 系统中的应用	209
一、引言	209
二、设计原理	210
附录	212
附录 A ASCII (美国标准信息交换 码) 表	212
附录 B MCS-51 系列单片机指令 系统表	213
参考文献	219

第一章 计算机基础知识

随着大规模集成电路技术的发展，计算机已从价格昂贵、难于推广应用的庞然大物一跃成为廉价而易于普及的灵巧装置——微型计算机 (Microcomputer)。微型计算机的诞生和发展极大地影响着社会的各个领域，由于微型计算机技术的渗透，非计算机专业的工程技术人员也必须掌握一定的微型计算机应用技能，以适应科学技术的发展。可以说，当今的高新技术离不开微型计算机技术，甚至可以说，微型计算机技术的先进与否直接标志着一个国家的现代科学技术水平。

第一节 微型计算机的发展和应用概况

一、微型计算机的发展简史

自 1946 年世界上第一台 ENIAC 电子计算机在美国宾夕法尼亚大学问世至今，计算机的发展仅经历了 50 个春秋，但它却渡过了四个不同的时代：

1946~1958 年：第一代电子管计算机；

1958~1965 年：第二代晶体管计算机；

1965~1971 年：第三代小规模集成电路计算机；

1971 年至今：第四代中、大及超大规模集成电路计算机。

目前，随着信息化社会的到来，美、日等国正积极利用第四代计算机和微电子技术，开始探索和研制以超大规模集成电路和人工智能为主要特征的第五代计算机。

微型计算机的发展是以微处理器的发展为特征的，以微处理器为核心的微型计算机属于计算机的第四代产品，是计算机技术和大规模集成电路技术相结合的产物。微处理器自 1971 年问世以来，在短短的 20 年中已发展了五代产品（见表 1-1），几乎每隔 2~3 年就要进行一次更新换代。

表 1-1 微处理器各发展时期的代表产品

时 期	代 表 产 品	字 长 (Bit)	指令周期 (μ s)	时钟频率 (MHz)
1971~1973 年	Intel 4004, Intel 8008	4, 8	20	1
1973~1976 年	Intel 8080, Motorola M6800	8	2	2
1976~1978 年	Zilog Z80, Intel 8085, Motorola M6802	8	1	2.5~5
1978~1981 年	Zilog Z8000, Intel 8086, Motorola M68000	16	<0.5	>5
1982 年以后	HP HP32, Intel 80386, Motorola M68020	32	<0.1	10~18

由于集成度的不断提高（如 Intel80386 为 27 万器件/片），使得微型计算机的速度和性能大为提高，可靠性增加，成本降低。目前 32 位微型计算机的功能已与同档的小型计算机相匹敌，大有取代中、小型计算机之势，因而，微型计算机有着无限广阔的前景。

二、微型计算机的应用

虽然微型计算机自 1971 年问世至今只有短短的 20 年历史，但其发展速度之快、应用范围之广已达到惊人的地步；微型计算机能控制机床自动加工形状复杂的高精度零件；能使人造卫星准确地进入预定轨道；能代替人进行人员、交通的自动管理；代替医生诊断疾病；代替音乐家奏出悠扬的乐曲。总之，大到人造卫星，小到日常生活用品，从科学计算到儿童玩具，无处不显露出微处理器的踪迹。下面，大致归纳一下微处理器和微型计算机应用的三个方面：

1. 科学和工程计算 诸如人造卫星的运行轨道、导弹的制导、高能物理中分子及原子的结构分析、水文分析、气象预报等计算，所解决的大都是十分复杂的数学问题。
2. 数据处理 如企业管理、资料检索、印刷排版、物资调运、仓库管理、银行帐目管理等，这些处理对象的特点是：输入/输出量大，计算量小，重复操作多，用微型计算机进行处理，可省时省力且省钱，极大地提高效率。
3. 实时控制 实时控制是利用微型计算机系统对被控制对象及时地进行数据采集和处理，并按最优状况对被控对象实施控制。实时控制的对象通常是一个生产过程或物理过程，例如，产品加工过程的控制、导弹及飞船等飞行过程的控制、钢铁冶炼温度的控制等，微型计算机系统可以比人工更为精确地控制它们。

微型计算机的应用有着极为广阔的天地。当然，较高的应用水平要求使用者具有扎实的基础和广博的知识。尽管应用水平的提高是无止尽的，但其基本点在于对微型计算机原理的掌握程度和在实际应用中的编程能力及对接口的设计、调试的应用能力。

三、常用术语

为了便于学习后面内容，首先介绍几个微型计算机中常用的术语。

1. 位 (bit) 位是计算机所能表示的最基本、最小的数据单位。在计算机中广泛采用二进制数，所以位就是一个二进制位。尽管一位数据只能有两种状态：0 或 1，但若干位二进制数的组合就能表示各种数据和字符。

2. 字节 (Byte) 相邻的 8 位二进制数码称为一个字节，即 $1\text{Byte}=8\text{bit}$ ，也可以说一个字节的长度是 8 位，16 位的二进制数便是 2 个字节。在微型计算机中，通常数据都是以字节为单位存放的，每 1024 个字节为 1KB。

3. 字 (Word) 和字长 字是计算机内部进行数据处理的基本单位，由若干位二进制数码组成，通常与计算机内部的寄存器、运算装置、总线宽度相一致。计算机的每一个字所包含的二进制数码的位数称为字长。

不同类型的微型计算机有不同的字长。如 MCS-51 系列单片机为 8 位机，字长为 8 位，以 80486 为 CPU 的 32 位机，字长为 32 位。

目前，在 16 位、32 位机蓬勃发展的时候，为了表示方便，常把一个字 (Word) 定为 16 位，一个双字 (Double Word) 定为 32 位。

第二节 微型计算机的硬件组成及工作过程

一、微处理器、微型计算机、微型计算机系统的概念

1. 微处理器 微处理器又称为中央处理单元 (CPU——Central Processing Unit)，一般包

括以下几部分：

(1) 算术/逻辑运算单元 (ALU) 又称运算器，用于进行数据的算术和逻辑运算。

(2) 控制单元 (CU) 又称控制器，它能按一定顺序取出程序中的一条指令加以“解释”，并按照“解释”结果发出相应的操作命令，使计算机各部分按一定的节拍有条不紊地进行工作。

目前，CPU 都已做成电路芯片，其主要功能是进行数据处理及发出控制信息。毫无疑问，它是计算机的核心部分，但微处理器芯片必须在其它的有关芯片（部件）支持下才能工作。

2. 微型计算机 微型计算机主要由微处理器、内部存储器及输入/输出接口等部件组成。

(1) 微处理器 上面已讲过，主要用于数据处理及计算机的工作控制。

(2) 内部存储器 简称为内存，用于存放要执行的程序及参与操作的数据，它通常容量较小，而速度较快。通常将 CPU 与内存合称为主机。

(3) 输入/输出接口 计算机在工作时，常与各种外围设备（以下简称外设）相连，如键盘、显示器、控制对象等。计算机的微处理器不能直接与外设进行数据交换，因为两者之间的速度、信息形式、信息电平及格式等不完全相同，故必须通过输入/输出接口电路进行联络。所以输入/输出接口是 CPU 与外围设备之间信息交换的必经通道。

由此可见，微型计算机具有存放程序、处理数据以及与外设交换信息的能力。如果将这三种功能电路集成在一块芯片中，并且符合一定的系统结构，则称此芯片为单片机；若将这三者组装在一块印制电路板上，则称为单板机；若将这三者组装在一台机器内，配上电源部件，则称为微型机。

3. 微型机系统 微型机系统除了具备微型计算机所具有的功能，还须配有系统软件及必要的外设。所以，一个完整的微型机系统应包括硬件和软件两大部分。如目前市场上常见的 80486 微型机系统，其基本配置有各种系统软件及工具软件（如 DOS、Windows、Turbo C 等），较大容量的内存、大容量的外部存储器、软磁盘驱动器 (FDD)、协处理器、硬磁盘驱动器 (HDD)、标准键盘及 CRT 显示器等，根据需要还可方便地配置打印机、绘图仪、鼠标等外设。而结构简单、价格低廉的各种 MCS-51 单片机也是一种小型的微型机系统，虽然其软件系统只具有简单的监控程序，外设也只有简易键盘、七段 LED 显示器及微型打印机等，但在单片机的开发中应用非常广泛。

人们日常生活中提到的“微机”，一般都是指微型计算机系统或系统机。

目前微型计算机的系列较多，内部结构也不完全相同，但不论是何种档次、何种系列的微型计算机，均是由初级计算机发展而来，内部的基本部件、基本概念和基本工作过程仍然十分相似。下面我们针对微型计算机的最基本结构及工作过程进行较详细的讨论。

二、微型计算机的硬件组成

一台微型计算机的基本内部结构如图 1-1 所示，它是由中央处理单元（微处理器，CPU）、存储器及接口电路组成，相互之间通过三组总线（Bus）——地址总线（Address Bus）、数据总线（Data Bus）及控制总线（Contral Bus）来联接。

1. 中央处理单元 (CPU) 它的运算器可以完成两数的相加、减、与、或、非、异或等运算，数据的左右移位，对标志的判别并控制跳转等，有些 CPU 还设有乘除运算的硬件电路。

它的控制器用于控制微型计算机进行各种操作以及协调各部件之间的相互联系，把微型

计算机的各部分组成一个默契配合、工作有条不紊的整体，完成指令所规定的操作。

2. 存储器 存储器中的信息只能以二进制数码的形式存放，有些类型微型计算机（如单片机）将固定的程序和可变的数据分开存放，因而形成了程序存储器和数据存储器，通常信息以字节为基本单位存放在存储器中。

3. 输入/输出接口 如前所述，输入/输出接口是 CPU 与外设之间信息交换的必经通道。目前，大多数接口电路

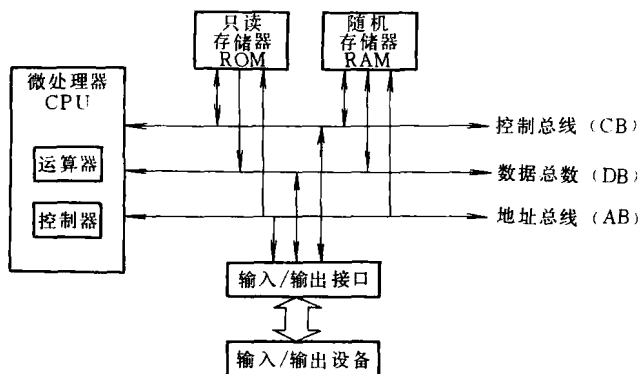


图 1-1 微型计算机的组成

已标准化、系列化，并制成为集成电路芯片。这些芯片一般均是可编程的，所以具有较强的灵活性。它们的主要功能是：完成外设与计算机的联接；转换数据传送速度；转换电平；转换数据格式及将 I/O 设备的状态信息反馈给微处理器，例如在《电子技术》中已学过的模/数、数/模转换接口，其作用是转换信号种类，前者是将模拟信号转换成数字信号，后者是将数字信号转换成模拟信号。

4. 总线 将微处理器、存储器和输入/输出接口等相对独立的装置或功能部件联接起来，并传送信息的公共通道称为总线。总线是一组传输线的集合，图 1-2 是典型微型计算机系统的总线结构。

(1) 数据总线 是一种双向的通信总线，用于实现 CPU、存储器及输入/输出接口三者之间的数据交换。也就是说，微型计算机内部的数据信息（可以是数值数据也可以是指令码等）均通过数据总线传送。数据总线的宽度决定了微型计算机的位数。

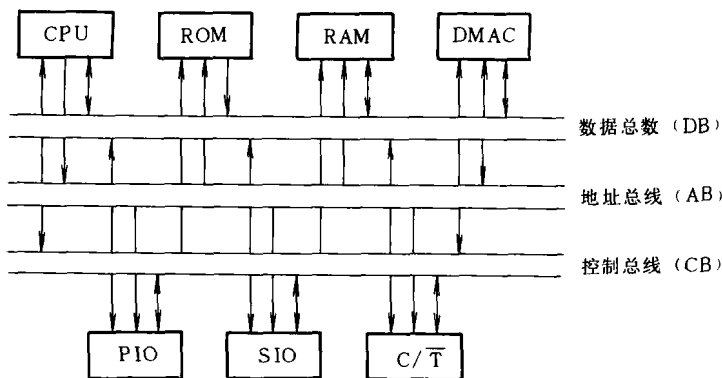


图 1-2 典型微型计算机系统总线结构

(2) 地址总线 它是一种由 CPU 向外发出的单向通信总线，用于向存储器或输入/输出接口提供地址码，以选择相应的存储单元或寄存器。也就是说，由 CPU 发出的地址信息均通过地址总线发送，地址总线的宽度决定了 CPU 的寻址范围（即所能寻找的存储单元的数目），地址总线的数量是很规范的。例如，某 8 位微型计算机有 16 根地址线，它的寻址范围为 $2^{16} = 64\text{K}$ ，即其地址范围为 0000H~0FFFFH；又如，16 位微型计算机的地址总线有 20 根，它的寻址范围为 1M，相应的地址范围为 00000H~FFFFFH。

(3) 控制总线 控制总线传送的是保证微型计算机各部件同步和协调的定时和控制信

号，它也是单向通信总线。其中有的用于传送从 CPU 发出的信息，如读、写等信号，有的是其它部件发给 CPU 的信息，如复位、中断请求等信号。控制总线的根数因机型的不同而不同，它不像数据总线和地址总线那样规范（如 8 位微型计算机，其数据总线总是 8 位，地址总线总是 16 位）。

三、微型计算机的工作过程

CPU 是微型计算机的核心，微型计算机每执行一条指令都要通过 CPU。当用微型计算机来完成某项任务时，首先要按此任务的要求，按步编写出机器所能识别的相应操作命令序列，即程序，机器可识别的操作命令就是指令，可见程序就是一串有序指令的集合。只要把程序由输入设备通过输入接口存储到存储器中，一旦启动机器，它便能按照顺序一条一条地执行这些指令。下面就微型计算机执行第 N 条指令的工作过程简述如下（参见图 1-3）。

①CPU 通过地址总线 (AB) 指出指令所在存储单元的地址，接着通过控制总线 (CB) 向存储器发出读取数据的控制信号。

②存储器中被该地址码选中的单元将存放在其中的指令代码送到数据总线，于是 CPU 通过数据总线 DB 读入指令代码（指令是以二进制代码的形式存放在存储器中的）。

③CPU 读取指令代码后进行译码，判断出该指令要进行哪一类操作，以及参加这类操作的数所在的单元地址（如果指令需要内存操作数）。

④CPU 根据译码结果发出为完成此指令所需要的控制信号序列。

⑤如果还需要从存储器中取操作数，则 CPU 将通过地址总线发出存放操作数的存储单元地址。接着，通过控制总线发出读取数据的控制信号，然后 CPU 将通过数据总线读取数据。

⑥执行指令所规定的操作。若属于运算类操作，则由运算器进行操作；若属于数据传送或其它操作，则将由控制器向与此操作相关电路发出相应的控制信号，完成指令所规定的操作。

至此，一条指令执行结束。

CPU 中有程序计数器 PC [有的资料上称为指令计数器 (IC)]，专用于存放指令代码的存储单元地址，CPU 要取指令时，由 PC 发出指令代码的存储单元地址，CPU 按此地址去读取指令代码。而每当 CPU 读取一个指令代码时，程序计数器 (PC) 自动加 1，因此 CPU 下次读取的将是下一个指令代码。依次类推，微型计算机一条条地执行指令，直到最后一条指令执行完毕。

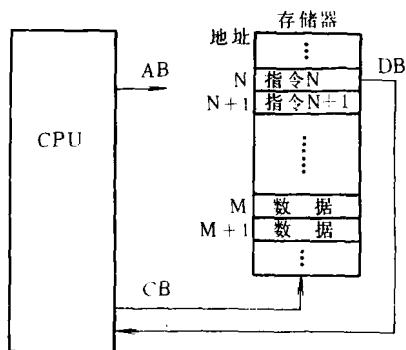


图 1-3 取指令示意图

第三节 Intel 系列单片机简介

如果根据器件的制造厂商分类，主要的单片机有以下几种：美国 Intel 公司单片机，Motorola 公司单片机，Zilog 公司单片机，荷兰 Philips 公司单片机，德国 Siemens 公司单片机以及日本 NEC 公司等，其中 Intel 公司的单片机最具有代表性，其产量最高，应用最广。

从 1976 年开始，Intel 公司便相继推出了 MCS-48、MCS-51、MCS-96 三大系列单片机，每一系列中又有若干个产品。这三大系列产品将单片机的发展过程划分为三个阶段，并且它们不仅是单片机发展至今三个阶段中的代表产品，也是目前我国的主流系列。

一、MCS-48 系列单片机

MCS-48 系列单片机是 Intel 公司于 1976 年推出的 8 位单片机，其典型产品是 8048，它在一个 40 引脚的大规模集成电路芯片内集成有：

- 8 位 CPU；
- 1K 字节程序存储器；
- 64 字节数据存储器；
- 一个 8 位的定时/计数器；
- 4K 字节片外程序存储器空间；
- 256 字节片外数据存储器空间；
- 27 根输入/输出线。

MCS-48 系列的主要单片机及其特性如表 1-2 所示。

表 1-2 MCS-48 系列单片机

型 号	片内存储器（字节）		I/O 口线	定时/计数器	片外寻址空间（字节）	
	程序	数据			程序	数据
8048	1K ROM	64 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8748	1K EPROM	64 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8035	无	64 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8049	2K ROM	128 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8749	2K EPROM	128 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8039	无	128 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8050	4K ROM	256 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8750	4K EPROM	256 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8040	无	256 RAM	27	1 个 8 位	4K	256

二、MCS-51 系列单片机

Intel 公司于 1980 年推出了第二代单片机：MCS-51 系列，这是一种高性能的 8 位单片机，和 MCS-48 系列相比，MCS-51 系列单片机无论在片内程序存储器，数据存储器、输入/输出的功能、种类和数量上还是在系统的扩展功能，指令系统的功能等方面都有很大加强，其典型产品为 8051，其封装仍为 40 引脚，芯片内部集成有：

- 8 位 CPU；
- 4K 字节程序存储器；
- 256 字节数据存储器；
- 64K 字节片外程序存储空间；
- 64K 字节片外数据存储空间；
- 32 根输入/输出线；
- 1 个全双工异步串行口；
- 2 个 16 位定时/计数器；
- 5 个中断源，2 个优先级。

MCS-51 系列单片机一般采用 HMOS (如 8051) 和 CHMOS (如 80C51) 这两种工艺制造, 这两种单片机完全兼容, CHMOS 工艺较先进, 综合了 HMOS 的高速度和 CMOS 的低功耗特点。表 1-3 列出了 MCS-51 系列单片机主要产品的功能特性。

表 1-3 MCS-51 系列单片机

型 号	片内存储器 (字节)		I/O 口线	定时/计数器	片外寻址空间 (字节)		串行通信
	程序	数据			程序	数据	
8051	4K ROM	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UART
8751	4K EPROM	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UART
8031	无	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UART
80C51	4K ROM	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	256	UART
80C31	无	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	256	UART
8052	8K ROM	256 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UART
8032	无	256 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UART
8044	4K ROM	192 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	SDLC
8744	4K EPROM	192 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	SDLC
8344	无	192 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	SDLC

三、MCS-96 系列单片机

Intel 公司于 1984 年推出了 16 位高性能的第三代产品——MCS-96 系列单片机。该单片机采用多累加器和“流水线作业”的系统结构, 其最显著特点是运算精度高, 速度快。它的典型产品是 8397, 其芯片内集成有:

- 16 位 CPU;
- 8K 字节程序存储器;
- 232 字节寄存器文件;
- 具有 8 路采样保持的 10 位 A/D 转换器;
- 40 根输出/输入线;
- 20 个中断源;
- 专用的串行口波特率发生器;
- 全双工串行口;
- 2 个 16 位定时/计数器;
- 4 个 16 位软件定时器;
- 高速输入/输出子系统;
- 16 位监视定时器。

表 1-4 列出了 MCS-96 系列单片机的主要特性。

表 1-4 MCS-96 系列单片机

型 号	片内存储器		I/O 口线	定时/计数器	片外寻址空间	串行通信	A/D 转换
	ROM	RAM					
8094	无	232 B	32	2 个 16 位	64K	UART	无
8795	无	232 B	32	2 个 16 位	64K	UART	4 路 10 位
8096	无	232 B	48	2 个 16 位	64K	UART	无
8097	无	232 B	48	2 个 16 位	64K	UART	4 路 10 位

(续)

型 号	片内存储器		I/O 口线	定时/计数器	片外寻址空间	串行通信	A/D 转换
	ROM	RAM					
8394	8KB	232 B	32	2 个 16 位	64K	UART	无
8395	8KB	232 B	32	2 个 16 位	64K	UART	4 路 10 位
8396	8KB	232 B	48	2 个 16 位	64K	UART	无
8397	8KB	232 B	48	2 个 16 位	64K	UART	8 路 10 位

其它功能：高速 I/O、监视定时器、PWM 输出。

近年来，由于低档 8 位单片机在性能/价格比上没有明显优势，除了老系统仍占有一定市场外，已逐步被高档 8 位单片机所取代，16 位单片机虽早已推出，但因价格偏高等原因，应用不够广泛。在占国内主流的 Intel 公司单片机中，MCS-51 系列单片机尤为我国工程技术人员所推崇，其兴旺势头还会维持一段相当长的时间，这也正是本教材的选题原因之所在。

第四节 计算机中的数和编码

计算机所能识别的是 0 与 1 组成的信息，即二进制数字信息，这一节主要介绍与计算机密切相关的几种数制及编码。

一、进位计数制

1. 十进制数 在日常生活中，人们最熟悉的就是十进制数，其特点是：有 0~9 共 10 个数码，以 10 为基数，逢十进位，通常在数码后用 D (Decimal) 表示十进制数。由于十进制数在日常生活中最常用，所以通常也可省略 D。

2. 二进制数 与十进制数相比，二进制数的特点是：有 0、1 两个数码，以 2 为基数，逢 2 进位。用 B (Binary) 结尾的数据表示二进制数。

3. 十六进制数 与前面类似，十六进制数的特点是：有 0~9 及 A、B、C、D、E、F 共 16 个数码，以 16 为基数，逢 16 进位。用以 H (Hexadecimal) 结尾的数码表示十六进制数。

4. 八进制数 八进制数的特点是：有 0~7 共 8 个数码，以 8 为基数，逢 8 进位。以 O (Octal) 结尾的数码表示八进制数。

二、计算机中数的表示和编码

1. 带符号数的表示法 计算机只能识别 0、1 两种信息，所以数的正负也采用 0 或 1 表示——这称为符号的数值化，用 0 表示正数，1 表示负数，通常在数的最前面加一位，用作符号位，在微型计算机中将最高位作为符号位。一个带符号的数在计算机中可以有原码、反码和补码三种表示方法。

(1) 原码 即前面提到的最高位是符号位，正数用 0，负数用 1 表示数码的方法称为原码表示。例如在八位微型计算机中：

$X = +31D \quad [X]_{原} = 00011111B$

$X = -31D \quad [X]_{原} = 10011111B$

原码的表示十分方便、直观，一个字节所表示的原码数值范围为 -127~+127，但在进行同号数相减（或异号数相加）时，操作较为繁琐。为使计算机结构简单化，计算机都是采

用补码操作，变减法为加法，而不采用原码形式表示数。在讨论补码之前，先要介绍反码。

(2) 反码 正数的反码表示与原码相同，负数的反码表示法是将其原码的符号位不改变，其余位按位取反，例如：

$$[+31D]_{\text{原}} = 00011111B \quad [+31D]_{\text{反}} = 00011111B$$

$$[+127D]_{\text{原}} = 01111111B \quad [+127D]_{\text{反}} = 01111111B$$

$$[-31D]_{\text{原}} = 10011111B \quad [-31D]_{\text{反}} = 11100000B$$

$$[-127D]_{\text{原}} = 11111111B \quad [-127D]_{\text{反}} = 10000000B$$

(3) 补码 为了便于理解补码的含义，先举一个日常生活中钟表对时的例子。设标准时间为 5 点整，而现在表上的时间为 9 点整，要拨到 5 点有两种方法：

a. 顺时针拨 8 小时：9+8=5

b. 逆时针拨 4 小时：9-4=5

在这里，9+8 与 9-4 的结果相同，而其前提条件是钟表的时针每拨过 12 小时，便又回到原处，即：

$$9+8=12+5=9-4=5$$

把 12 称为钟表的模，即一个系统的量程或此系统所能表示的最大数，它是自然丢失的，因此某数加上或减去它的模仍等于该数本身。

一般来讲，若数 X、Y、K 满足下列关系：

$$Y = K + X \quad (\text{Mod } K)$$

则称 X 与 Y 对于 K 互补，或记做：

$$[X]_{\text{补}} = Y = K + X$$

针对上述例子，K=12，因此 (-4) 与 +8，(-5) 与 +7 等对模 12 是互补的，可记作：

$$[-4]_{\text{补}} = 8$$

同样，这个概念可推广至二进制数。例如字长为 8 位的微型计算机，最高位是符号位，若把符号位也作为数来对待，由于符号位前面没有地方可以进位，当符号位产生进位时，这个进位会被丢失，这个丢失的数为 100000000B，即 256D，因此 8 位微型计算机的模为 $2^8=256$ 。

在 8 位机中，某数 X 的补码应如何计算呢？

1) 设 X 为正数，则：

$$[X]_{\text{补}} = \text{模} + X = 2^8 + X$$

例 $X = +1111111B$

$$\therefore [X]_{\text{补}} = 2^8 + 01111111B = 01111111B$$

由于 2^8 在 8 位机中自动丢失，所以正数的补码就是正数的原码本身。

2) 设 X 为负数，则：

$$[X]_{\text{补}} = \text{模} + X = 2^8 + X$$

例 $X = -1000101B$

$$[X]_{\text{补}} = 2^8 + (-1000101B)$$

数 2^8 可以表示为二进制形式：

$$2^8 = 11111111B + 00000001B$$

代入上式得：