



普通高等教育“十二五”规划教材

◎ 电子信息科学与工程专业 规划教材

# 单片微型计算机 原理及应用

◎ 姜志海 刘连鑫 王蕾 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材  
电子信息科学与工程专业规划教材

# 单片微型计算机 原理及应用



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机为基础, 通过大量实例系统、全面地介绍微型计算机的原理及应用, 主要内容包括: 微型计算机基础、半导体存储器及 I/O 接口基础, 以及 MCS-51 系列单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、基本应用(中断、定时器/计数器、串行口)、系统扩展技术、键盘/显示接口技术、模拟量接口技术、单片机应用系统设计。本书提供配套电子课件、习题解答和程序代码。

本书可作为高等学校工科非计算机专业相关课程的教材, 也可供从事单片机应用与产品开发工作的工程技术人员学习、参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及应用 / 姜志海, 刘连鑫, 王蕾编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.5

电子信息科学与工程专业规划教材

ISBN 978-7-121-13015-1

I. ①单… II. ①姜… ②刘… ③王… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材

IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 030206 号

责任编辑: 王羽佳            特约编辑: 王 崧

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.25 字数: 500 千字

印 次: 2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

“微机原理”课程是学习和掌握微型计算机硬件基本知识和汇编语言程序设计的入门课程，其任务是，使学生通过理论课程学习和实践环节，掌握微型计算机的基本组成、工作原理、接口技术和汇编语言程序设计方法，使学生具有应用微型计算机开发的初步能力。

作为微型计算机的一个重要分支——单片机发展迅速，应用领域日益扩大，特别是在工业测控、智能仪器仪表、机电一体化产品、家电等领域得到了广泛的应用。因此，世界上许多集成电路生产厂商相继推出了各种类型的单片机，尤其是美国 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机，由于其具有集成度高、处理能力强、可靠性高、系统结构简单、价格低廉、易于使用等优点，迅速占领了工业测控和自动化工程应用的主要市场，在我国也得到了广泛的应用，并取得了令人瞩目的成果。尽管目前世界各大公司研制的各种高性能、不同型号的单片机不断问世，但由于 MCS-51 单片机具有易于学习和掌握、性价比高等优点，并且以 MCS-51 单片机基本内核为核心的各种扩展和增强型的单片机不断推出，所以在今后若干年内，MCS-51 系列单片机仍是我国单片机应用领域的首选机型。

本书融入了作者多年的教学和科研经验与应用实例。全书从教学的角度出发，系统、全面地介绍了微型计算机的基础知识，以及 MCS-51 单片机原理和应用，是一本重在原理与应用、兼顾理论的实用教程。

本书主要内容包括：微型计算机基础、半导体存储器及 I/O 接口基础、MCS-51 单片机硬件基础、MCS-51 单片机指令系统、MCS-51 单片机程序设计、MCS-51 单片机基本应用（中断、定时器/计数器、串行口）、MCS-51 单片机系统扩展基础、MCS-51 单片机键盘/显示接口技术、MCS-51 单片机模拟量接口技术、MCS-51 单片机应用系统设计，通过大量实例进行讲解，并附本章小结和习题以巩固所学知识。

本书提供配套电子课件、习题参考答案和程序代码等教学资源，请登录华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>）注册下载。

本书既可以作为高等工科院校非计算机专业教学用书，也可供有关院校师生和有关从事单片机应用与产品开发等工作的工程技术人员参考。

本书由姜志海整理、统稿，第 1~3 章由王蕾编写，第 4~9 章由姜志海编写，第 10~11 章由刘连鑫编写。

本书在编写过程中得到了许多专家和同行的大力支持和热情帮助，他们对本书提出了许多建设性的建议和意见，在此一并表示衷心的感谢。

鉴于作者水平有限，加之新的单片机芯片不断涌现，其应用技术也在高速发展，书中难免有不完善和不足之处，恳请广大读者批评指正！

作 者

# 目 录

<b>第 1 章 微型计算机基础</b> .....	(1)	2.1.3 存储器芯片的一般结构及 地址结构形式 .....	(33)
1.1 概述 .....	(1)	2.1.4 堆栈的概念 .....	(34)
1.1.1 计算机的基本概念 .....	(1)	<b>2.2 输入/输出接口基础</b> .....	(36)
1.1.2 计算机的工作过程 .....	(2)	2.2.1 接口的基本概念 .....	(37)
1.1.3 微型计算机的发展、分类、 特点及应用 .....	(3)	2.2.2 I/O 接口的端口及编址 .....	(40)
1.1.4 现代微型计算机技术的 发展趋势 .....	(7)	2.2.3 I/O 接口的发展 .....	(41)
1.2 微型计算机基本结构 .....	(8)	<b>2.3 CPU 与外设的数据 传输方式</b> .....	(41)
1.2.1 微型计算机基本结构 .....	(9)	2.3.1 无条件传输方式 .....	(41)
1.2.2 微处理器、微型计算机、 微型计算机系统 .....	(12)	2.3.2 程序查询传输方式 .....	(42)
1.2.3 微型计算机的主要术语及 性能指标 .....	(15)	2.3.3 中断传输方式 .....	(42)
1.3 数字电路基础 .....	(16)	2.3.4 DMA 传输方式 .....	(43)
1.3.1 基本的门电路 .....	(16)	<b>2.4 并行与串行通信、中断、 定时器/计数器概述</b> .....	(44)
1.3.2 三态门与缓冲器 .....	(16)	2.4.1 并行通信与串行通信 .....	(44)
1.3.3 触发器与锁存器 .....	(17)	2.4.2 中断 .....	(45)
1.4 计算机中的数制和 编码基础 .....	(20)	2.4.3 定时器/计数器 .....	(48)
1.4.1 计算机中的数制及转换 .....	(20)	本章小结 .....	(50)
1.4.2 带符号数的表示 .....	(21)	习题 .....	(50)
1.4.3 定点数和浮点数 .....	(25)	<b>第 3 章 MCS-51 系列单片机 硬件结构</b> .....	(51)
1.4.4 计算机中常用的编码 .....	(27)	3.1 单片机概述 .....	(51)
本章小结 .....	(29)	3.1.1 单片机的特点、分类及 应用 .....	(51)
习题 .....	(29)	3.1.2 单片机技术的发展趋势 .....	(55)
<b>第 2 章 半导体存储器及 I/O 接口基础</b> .....	(30)	3.1.3 单片机应用系统 .....	(59)
2.1 存储器概述 .....	(30)	3.2 MCS-51 单片机的 总体结构 .....	(59)
2.1.1 存储器的基本 组成与操作 .....	(30)	3.2.1 内部结构 .....	(60)
2.1.2 存储器的分类及 主要指标 .....	(31)	3.2.2 外部引脚说明 .....	(62)
		3.2.3 微处理器 .....	(64)
		3.3 MCS-51 单片机的 存储器结构 .....	(66)

3.3.1	程序存储器	(66)	5.1.1	程序设计步骤	(111)
3.3.2	数据存储器	(67)	5.1.2	程序设计技术	(112)
3.3.3	特殊功能寄存器	(70)	5.1.3	评价程序质量的标准	(112)
3.4	MCS-51 单片机并行的 I/O 接口	(71)	5.2	基本的程序设计	(113)
3.4.1	P1 口	(71)	5.2.1	顺序结构的程序设计	(113)
3.4.2	P3 口	(72)	5.2.2	分支结构的程序设计	(114)
3.4.3	P0 口	(73)	5.2.3	循环结构的程序设计	(118)
3.4.4	P2 口	(74)	5.3	基本功能程序的设计	(123)
3.5	MCS-51 单片机的辅助电路及时序	(74)	5.3.1	查表程序的设计	(123)
3.5.1	时钟电路	(74)	5.3.2	子程序的设计	(127)
3.5.2	复位及复位电路	(75)	5.3.3	算术逻辑运算程序	(129)
3.5.3	CPU 的时序	(76)	5.3.4	数制转化程序	(133)
	本章小结	(78)	5.4	数字滤波程序	(137)
	习题	(79)	5.4.1	程序判断滤波	(138)
			5.4.2	中值滤波	(139)
			5.4.3	算术平均数值滤波	(139)
			5.4.4	去极值平均数滤波	(140)
				本章小结	(141)
				习题	(142)
<b>第 4 章</b>	<b>MCS-51 系列单片机指令系统</b>	(80)	<b>第 6 章</b>	<b>MCS-51 系列单片机中断系统与定时器/计数器</b>	(143)
4.1	概述	(80)	6.1	MCS-51 单片机的中断结构	(143)
4.1.1	指令和指令系统	(80)	6.1.1	中断系统组成	(143)
4.1.2	程序与程序设计	(80)	6.1.2	中断源	(143)
4.1.3	操作数的类型	(82)	6.1.3	中断控制	(144)
4.2	MCS-51 单片机指令系统基础	(83)	6.2	MCS-51 单片机中断优先级与中断响应	(145)
4.2.1	概述	(83)	6.2.1	中断优先级	(145)
4.2.2	指令描述约定	(83)	6.2.2	中断响应	(146)
4.2.3	寻址方式	(83)	6.2.3	中断请求的撤除	(148)
4.3	MCS-51 单片机的指令系统	(86)	6.3	MCS-51 单片机中断系统应用举例	(149)
4.3.1	数据传送类指令	(86)	6.3.1	中断系统的初始化	(149)
4.3.2	算术运算类指令	(91)	6.3.2	中断系统应用举例	(150)
4.3.3	逻辑运算类指令	(96)	6.4	MCS-51 单片机的定时器/计数器结构	(153)
4.3.4	控制转移类指令	(99)	6.4.1	定时器/计数器的结构	(153)
4.3.5	位操作类指令	(103)	6.4.2	定时器/计数器的控制寄存器	(153)
4.4	MCS-51 单片机的伪指令	(105)			
	本章小结	(108)			
	习题	(109)			
<b>第 5 章</b>	<b>MCS-51 系列单片机汇编语言程序设计</b>	(111)			
5.1	程序设计概述	(111)			

6.4.3 定时器/计数器的 工作方式.....	(155)	8.1.2 典型的存储器芯片.....	(185)
6.5 定时器/计数器的 应用举例.....	(158)	8.1.3 典型的 I/O 接口芯片.....	(188)
6.5.1 定时器/计数器的 初始化.....	(158)	8.1.4 系统扩展的寻址方法.....	(194)
6.5.2 定时器/计数器 应用举例.....	(158)	8.2 MCS-51 单片机存储器 扩展技术.....	(196)
本章小结.....	(162)	8.2.1 设计存储器系统时需要 考虑的问题.....	(196)
习题.....	(162)	8.2.2 存储器的选择.....	(197)
<b>第 7 章 MCS-51 系列单片机的     串行口.....</b>	(163)	8.2.3 存储器扩展时有关信号的 连接.....	(198)
7.1 串行通信概述.....	(163)	8.2.4 存储器扩展举例.....	(198)
7.1.1 异步串行通信与 同步串行通信.....	(163)	8.3 MCS-51 单片机并行 I/O 接口的扩展技术.....	(200)
7.1.2 串行通信数据传送的 方向.....	(166)	8.3.1 单片机的口线直接作为 I/O 接口.....	(200)
7.1.3 串行通信的检错与 纠错.....	(167)	8.3.2 简单 I/O 接口的扩展.....	(200)
7.1.4 串行接口芯片 UART 和 USART.....	(168)	8.3.3 利用 8255A 可编程芯片 扩展并行 I/O 接口.....	(202)
7.2 MCS-51 单片机的 串行接口的结构.....	(170)	8.4 串行口扩展技术.....	(203)
7.2.1 串行口的结构原理.....	(170)	8.4.1 I <sup>2</sup> C 总线接口.....	(203)
7.2.2 串行口控制寄存器.....	(170)	8.4.2 单总线接口.....	(207)
7.2.3 串行口的工作方式.....	(171)	8.4.3 SPI 串行外设接口.....	(208)
7.2.4 波特率的设定.....	(173)	本章小结.....	(209)
7.3 串行口的应用举例.....	(174)	习题.....	(209)
7.3.1 串行口编程基础.....	(174)	<b>第 9 章 MCS-51 系列单片机键盘/     显示器接口技术.....</b>	(210)
7.3.2 串行口应用实例.....	(175)	9.1 MCS-51 单片机 LED 显示器接口技术.....	(210)
7.4 串行通信物理接口标准.....	(179)	9.1.1 概述.....	(210)
7.4.1 RS-232C 接口.....	(180)	9.1.2 LED 静态显示与动态 显示.....	(211)
7.4.2 RS-485 接口.....	(182)	9.1.3 串行口控制的 LED 显示.....	(213)
本章小结.....	(182)	9.2 MCS-51 单片机 LCD 显示器接口技术.....	(214)
习题.....	(183)	9.2.1 概述.....	(214)
<b>第 8 章 MCS-51 系列单片机系统     扩展技术.....</b>	(184)	9.2.2 JHD162A 液晶 显示模块.....	(216)
8.1 MCS-51 单片机系统 扩展基础.....	(184)	9.2.3 GXM12864 液晶显示 模块简介.....	(220)
8.1.1 系统扩展总线结构图.....	(184)		

9.2.4 LCD 显示接口应用—— 电子温度计简介·····	(223)	10.3.4 V/F 式 A/D 转换电路的 应用·····	(262)
9.3 MCS-51 单片机键盘接口 技术·····	(225)	本章小结·····	(263)
9.3.1 键盘工作原理·····	(226)	习题·····	(263)
9.3.2 独立式按键接口技术·····	(226)	<b>第 11 章 单片机应用系统设计</b> ·····	(265)
9.3.3 行列式键盘·····	(227)	11.1 单片机应用系统结构与及 设计内容·····	(265)
9.4 键盘/显示接口综合设计 举例·····	(229)	11.1.1 单片机应用系统的 一般硬件组成·····	(265)
9.4.1 单片机经 8255A 与键盘/ 显示器接口技术·····	(229)	11.1.2 单片机应用系统的 设计内容·····	(267)
9.4.2 HD7279 键盘、显示器 接口芯片·····	(232)	11.2 单片机应用系统的 一般设计方法·····	(268)
本章小结·····	(238)	11.2.1 确定系统的功能 与性能·····	(268)
习题·····	(238)	11.2.2 确定系统基本结构·····	(268)
<b>第 10 章 MCS-51 系列单片机 模拟量接口技术</b> ·····	(239)	11.2.3 单片机应用系统硬件与 软件设计·····	(269)
10.1 概述·····	(239)	11.2.4 资源分配·····	(271)
10.1.1 典型的微机闭环控制 应用系统的结构图·····	(239)	11.3 单片机应用系统的调试·····	(272)
10.1.2 D/A 转换器概述·····	(240)	11.3.1 单片机应用系统 调试工具·····	(272)
10.1.3 A/D 转换器概述·····	(243)	11.3.2 单片机应用系统的 一般调试方法·····	(273)
10.1.4 多路模拟开关及采样 保持电路·····	(246)	11.4 单片机应用系统的 设计实例·····	(276)
10.2 MCS-51 单片机 D/A 转换器接口技术·····	(247)	本章小结·····	(286)
10.2.1 8 位并行 D/A 转换器 DAC0832·····	(247)	习题·····	(286)
10.2.2 12 位串行 D/A 转换器 DAC7512·····	(250)	<b>附录 A ASCII 码字符表</b> ·····	(287)
10.2.3 串行电压输出型 D/A 转换器·····	(253)	<b>附录 B 常用的单片机产品</b> ·····	(287)
10.3 MCS-51 单片机 A/D 转换器接口技术·····	(255)	<b>附录 C 单片机应用系统开发的 软硬件环境</b> ·····	(294)
10.3.1 并行 A/D 转换器 ADC0809·····	(255)	<b>附录 D 单片机应用资料的网上 查询方法</b> ·····	(299)
10.3.2 并行 A/D 转换器 AD574·····	(257)	<b>参考文献</b> ·····	(300)
10.3.3 串行 A/D 转换器 TLC2543·····	(259)		



# 第 1 章 微型计算机基础

电子计算机的产生和发展是 20 世纪最重要的科技成果之一。进入 20 世纪 70 年代，微型计算机开始登上历史舞台，并以不可阻挡的势头迅猛发展，成为当今计算机发展的一个主流方向。当前，以微型计算机为代表的计算机已日益普及，其应用已深入社会的各个角落，极大地改变着人们的工作方式、学习方式和生活方式，成为信息时代的主要标志。本章主要介绍微型计算机的发展、分类、主要指标、系统组成及计算机中常用的数制与码制等基础知识。学完本章，要求学生能对微型计算机的基本概念有一个全面的了解，掌握微型计算机的基本结构、数制的转换、无符号数、有符号数及常用的二进制编码等的表示方法。

## 1.1 概述

电子计算机是一种不需要人工直接干预，能够对各种数字信息进行算术和逻辑运算的快速电子设备，它的出现和发展是 20 世纪最重要的科学技术成就之一。计算机已渗透到国民经济和社会生活的各个领域，极大地改变着人们的工作方式和生活方式，并成为推动社会发展的巨大生产力。以微处理器为核心，配上大容量的半导体存储器及功能强大的可编程接口芯片，连上外设（包括键盘、显示器、打印机和软驱、光驱等外部存储器）及电源所组成的计算机，称为微型计算机，简称微型机或微机，有时又称为 PC（Personal Computer）或 MC（Micro Computer）。微机加上系统软件，就构成了微型计算机系统（MCS，简称微机系统）。微型计算机的问世和发展把计算机技术推向了整个社会，目前计算机已广泛应用到国民经济和国防建设的各个领域，并且在人们日常生活中也发挥着不可缺少的作用。

### 1.1.1 计算机的基本概念

现在广泛使用的计算机，其全称是数字电子式计算机，俗称电脑。简单地讲，计算机是一种能够存储程序，并能自动连续地执行程序，对各种数字化信息进行运算的现代化电子设备。

首先，计算机是能够进行各种运算的设备。运算可分为两类：算术运算和逻辑运算。算术运算的对象是数值型数据，以四则运算为基础，许多复杂的数学问题都可以通过各种算法转换成若干四则运算；逻辑运算用来解决逻辑问题，如信息检索、逻辑判断和分析等。因此，计算机的工作实际上就是对各种信息的处理。

其次，计算机如何表示这些信息呢？简单地讲，是用数字代码（即二进制数）来表示各种信息，因此称为数字计算机。

最后，计算机如何对这些信息进行处理呢？它采用的是一种存储程序的工作方式，即先编写程序，再由计算机将这些程序存储起来，然后自动连续地、快速地执行程序，从而实现各种运算处理。

为了存储程序与数据，需要存储器；为了进行运算，需要运算器；为了输入程序和数据及输出运算结果，需要有输入设备和输出设备；此外还需要控制器对计算机各个部件的工作进行控制和管理。

上述要领是由计算机技术的先驱冯·诺依曼提出的。他在 1945 年提出了数字计算机的

若干思想，后被称为冯·诺依曼体制，这是计算机发展史上的一个里程碑。几十年来计算机的体系结构发生了深刻的变化，但冯·诺依曼体制的核心概念仍沿用至今。冯·诺依曼体制的要点归纳如下：

- ① 采用二进制代码表示数据和指令。
- ② 采用存储程序的工作方式，即先编写程序，然后存储程序，最后自动连续地执行程序。
- ③ 由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备组成计算机硬件系统。

下面首先阐述其中两点：存储程序的工作方式、信息的数字化表示。

### 1. 存储程序的工作方式

计算机的工作最终体现为执行程序。前面提到，计算机采用存储程序的工作方式，这是冯·诺依曼体制最核心的思想。它有三点含义，体现了计算机解决问题的过程。

#### (1) 编写程序

为了使用计算机解决问题，需要先编写程序。在程序中规定了计算机需要做哪些工作，按什么步骤去做。程序还包括需要处理的原始数据，此外还规定了计算机何时从输入设备去获取数据。一件事情一般要分成几步来完成，每步执行的操作命令称为一条指令。计算机最终执行的程序是一系列指令序列，即若干指令的有序集合。换言之，我们事先编写的程序最终变成指令序列和原始数据。

#### (2) 存储程序

编写完成的程序经输入设备送入计算机，存放在存储器中。编写程序时是用字符书写的，通过键盘将字符变成二进制编码，然后再送入计算机。

#### (3) 自动、连续地执行程序

由于程序已存储在存储器中，启动计算机后，计算机就可以按照一定的顺序从存储器中逐条读取数据，按照指令的要求完成相应的操作，直到程序被执行完毕。原则上，程序在执行过程中不需要人工干预。当然，有些工作本身需要以人机对话的形式进行，例如通过计算机进行查询时，计算机通过屏幕向操作人员询问，操作人员通过键盘或鼠标进行选择。这种情况要求计算机能分段执行程序，之间允许用户进行人工干预。所以计算机在自动、连续地执行程序的过程中，往往允许使用者以外部请求方式进行干预。

上述计算机的基本工作方式，称为控制流驱动方式。在程序执行过程中，根据指令发出的控制信息称为一种控制信息流，简称控制流，它驱动着计算机的工作；而处理的数据信息称为一种数据信息流，简称数据流，它是被调用（处理）的对象。

### 2. 信息的数字化表示

上面讲到，现在广泛使用的计算机，其全称是电子式数字计算机。

“电子”指计算机的主要部件是由电子电路组成的，计算机内传送与处理的信息是电子信号。例如，计算机中的算术运算单元（ALU）主要由加法器构成，而加法器由各种门电路（与门、非门等）组成。

“数字”则表示计算机中的信息（控制信息和数据信息）均采用数字化表示方法。例如，二进制 11001 表示 -9，01000001 表示字符 A 等。

#### 1.1.2 计算机的工作过程

计算机的工作过程实际上是执行程序的过程，而程序是由一系列指令组成的，因此执行程序的过程就是按顺序执行指令的过程。

通常,计算机要运行某个程序时,该程序预先要调入内存的一系列单元中,在程序执行过程中完全由计算机自动执行而不需要人工干预,具体包括下列几步。

#### (1) 取出指令

从存储器某个地址中取出要执行的指令送到 CPU 内部的指令寄存器暂时保存。

#### (2) 分析指令

把指令寄存器中的指令送到指令译码器,分析出该指令对应的操作。

#### (3) 执行指令

根据指令译码结果,向各个部件发出相应的控制信号,完成指令规定的各种操作。

#### (4) 形成下一条指令地址

为执行下一条指令做好准备,即形成下一条指令的地址。

具体过程如图 1-1 所示。

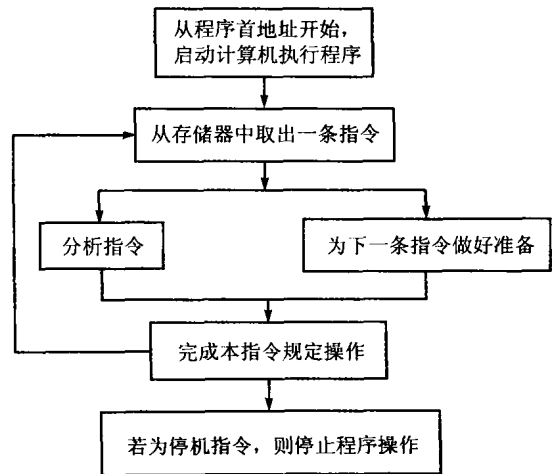


图 1-1 程序的执行过程

### 1.1.3 微型计算机的发展、分类、特点及应用

计算机技术是 20 世纪发展最为迅速、普及程度最高、应用最为广泛的科学技术之一。自从 1946 年美国宾夕法尼亚大学研制了第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 以来,计算机的发展经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模及超大规模集成电路计算机几代。电子计算机按其规模、性能和价格可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机五类。从系统结构和基本工作原理上说,微型机与其他几类计算机并没有本质上的区别,所不同的是微机采用了集成度相当高的器件和部件,它的核心部分是微处理器。

#### 1. 微型计算机的发展

微处理器是指由一片或几片大规模集成电路组成、具有运算器和控制器功能的中央处理器 (CPU)。微型计算机的发展是以微处理器的发展为标志的,而微处理器的发展常以字长和功能为主要指标,大体可以划分为 6 个时期。

##### (1) 第一时期 (1971—1973 年): 4 位或 8 位低档微处理器和微机

1971 年, Intel 公司发布了 4004 微处理器。它是一种 4 位微处理器,其运算速度为 50kI/s (千条指令/秒),指令周期是 20 $\mu$ s,时钟周期是 1MHz,集成度是 2000 管/片。寻址能力为 4KB,有 45 条指令。另一种 4 位微处理器是 4040。同年又出现了 4004 的低档 8 位扩展型产品 8008,其寻址能力为 16KB,有 48 条指令。

##### (2) 第二时期 (1973—1977 年): 8 位中高档微处理器和微机

1973 年, Intel 公司发布了 8 位中档微处理器 8080,其运算速度为 500kI/s,指令周期是 2 $\mu$ s,寻址能力为 64KB。同期 Motorola 公司的 MC6800 与 8080 相当。Zilog 公司的 Z80 和 Intel 公司 1977 年发布的最后一款 8 位微处理器 8085 属于 8 位高档微处理器。8085 的运算速度为 770kI/s,指令周期为 1.3 $\mu$ s。

在这一时期,出现了以 8080A/8085A、Z80 和 MC6502 为 CPU 组装成的微机。其中,基于 8080 CPU 的第一台个人计算机 Altair 8800 在 1974 年问世。而以 MC6502 为 CPU 的 Apple-II

具有很大的影响力。这些个人计算机普遍采用了汇编语言、高级语言（如 Basic、Fortran、PL/I 等），其中 Altair 8800 的 BASIC 解释程序就是由 Bill Gates 开发的，后期配上了操作系统（如 CP/M、Apple-II、DOS 等），从而使微机开始配上磁盘和各种外设。

(3) 第三时期（1978—1984 年）：16 位微处理器和微机

1978 年以后，出现了 16 位微处理器，代表产品如 Intel 公司的 8086（集成度为 29 000 管/片）、8088、80286、Motorola 公司的 MC68000（集成度为 68 000 管/片）和 Zilog 公司的 Z8000（集成度为 17 500 管/片）等。

8086/8088 扩大了存储容量并增加了指令功能（如乘法指令和除法指令）。指令总量从 8085 的 246 条增加到 8086/8088 的 2 万多条，所以被称为 CISC（Complex Instruction Set Computer）处理器。8086/8088 还增加了内部寄存器，使用 8086/8088 指令集更容易编写高效、复杂的软件。

用 16 位微处理器组装的微机（如 IBM PC、PC/XT、PC/AT、AST286、COMPAQ286）在功能上已达到和超过了低档小型机 PDP-11/45。

(4) 第四时期（1985—1992 年）：32 位微处理器和微机

1986 年，Intel 公司推出了 80386 CPU，Motorola 同期相继发布了 MC68020~68050 四款 32 位微处理器。1989 年，Intel 公司又推出了 80486 微处理器，其主要性能为 80386 的 2~4 倍。这一时期的主要微机产品有 IBM-PSII/80、AST386、COMPAQ386 等。

(5) 第五时期（1993—1999 年）：超级 32 位 Pentium 微处理器和微机

1993 年 3 月，Intel 公司推出了 Pentium 微处理器（俗称 586）。其内部集成了 310 万个晶体管，采用了全新的体系结构，性能大大高于 Intel 系列其他微处理器。Pentium 系列 CPU 的主频从 60MHz 到 100MHz 不等，它支持多用户、多任务，具有硬件保护功能，支持构成多处理器系统。

1996 年，Intel 公司推出了高能奔腾（Pentium Pro）微处理器，它集成了 550 万个晶体管，内部时钟频率为 133MHz，采用了独立总线和动态执行技术，处理速度大幅度提高。

1996 年底，Intel 又推出了多能奔腾（Pentium MMX）微处理器，MMX（Multi Media eXtension）技术是 Intel 公司最新发明的一项多媒体增强指令集技术，它为 CPU 增加了 57 条 MMX 指令，此外，还将 CPU 芯片内的高速缓冲存储器（Cache）由原来的 16KB 增加到 32KB，使处理器多媒体的应用能力大大提高。

1997 年 5 月，Intel 公司推出了 Pentium II 微处理器，它集成了约 750 万个晶体管，8 个 64 位的 MMX 寄存器，时钟频率达 450MHz，二级 Cache 达到 512KB，它的浮点运算功能、MMX 性能都有了很大的提高。

1999 年 2 月，Intel 公司推出了 Pentium III 微处理器，它集成了 950 万个晶体管，时钟频率为 500MHz。随后又推出了新一代高性能 32 位 Pentium 4 微处理器，它采用了 NetBurst 的新式处理器结构，可以更好地处理互联网用户的各种需求，在数据加密、视频压缩和对等网络等方面的性能都有较大幅度的提高。

早在 1993 年底，世界上的主要微机生产厂商都有自己的 586 微机系列，其更新的产品主要定位于多媒体、网络文化服务器。当前，高档微机以其很高的性价比，正向着社会各个领域乃至家庭日常生活不断渗透，使人类迈步奔向信息社会新纪元。

(6) 第六时期（2000 年以后）：新一代 64 位微处理器 Merced 和微机

在不断完善 Pentium 系列处理器的同时，Intel 公司与 HP 公司联手开发了更先进的 64 位微处理器——Merced。

Merced 采用全新的结构设计，这种结构称为 IA-64（Intel Architecture-64），IA-64 不是

原 Intel 32 位 X86 结构的 64 位扩展, 也不是 HP 公司的 64 位 PA-RISC 结构的改造。IA-64 是一种采用长指令字 (LIW) 指令预测、分支消除、推理装入和其他一些先进技术从程序代码提出更多并行性的全新结构。

微型计算机发展的主要方向, 是把计算机的运算器、控制器、存储器、输入/输出 (I/O) 接口等部分集成在一个硅片上, 于是就出现了以一个大规模集成电路为主组成的微型计算机——单片微型计算机 (Single chip microcomputer), 简称单片机。由于单片机的主要应用领域为智能化电子产品, 一般需要嵌入设备产品内, 故又称为嵌入式微控制器 (Embedded Microcontroller)。

## 2. 微型计算机的分类

微型计算机的品种繁多, 系列各异, 最常见的有以下 4 种分类方法。

### (1) 按微处理器的位数分类

按微处理器的位数分为 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机、64 位机, 即分别以 4 位、8 位、16 位、32 位、64 位处理器为核心组成的微机。

在数值计算的场合, 主要以 32 位机、64 位机为主; 在控制或检测的场合, 主要使用的是 8 位、16 位计算机。

### (2) 按微型计算机的用途分类

按微型计算机的用途可分为通用机和专用机两类。

在日常办公过程中使用的计算机以通用微型计算机为主; 在控制和检测系统中使用的计算机以专用微型计算机为主。在后面各章的内容中, 主要介绍专用微型计算机的设计技术。

### (3) 按微型计算机的档次分类

按微型计算机的档次可分为低档机、中档机和高档机。计算机中的核心部件是它的微处理器, 也可以根据所使用的微处理器档次, 将微机分为 8086 机、286 机、386 机、486 机、Pentium 机、Pentium II 机、Pentium III 机和 Pentium 4 机等。

### (4) 按微型计算机的组装形式和系统规模分类

按微型计算机的组装形式和系统规模, 可分为单片机、单板机、个人计算机。

单片机是将微机的主要部件, 如微处理器、存储器、输入/输出接口等集成在一片大规模集成电路芯片上形成的微机, 它具有完整的微机功能。单片机具有体积小、可靠性高、成本低等特点, 广泛应用于智能仪器、仪表、家用电器、工业控制等领域。

单板机是将微处理器、存储器、输入/输出接口、简单外设等部件, 安装在一块印制电路板上形成的微机。单板机具有结构紧凑、使用简单、成本低等特点, 常应用于工业控制和实验教学等领域。

个人计算机也就是人们常说的 PC, 它是将一块主机板 (包括微处理器、内存储器、输入/输出接口等芯片) 和若干接口卡、外部存储器、电源等部件组装在一个机箱内, 并配置显示器、键盘、鼠标等外设和系统软件构成的微机系统。PC 具有功能强、配置灵活、软件丰富、使用方便等特点, 是目前最普及、应用最广泛的微机。

## 3. 微型计算机的特点

由于微型计算机广泛采用了集成度相当高的大规模集成 (LSI) 和超大规模集成 (VLSI) 电路, 因此它除了具有一般计算机运算速度快、计算精度高、记忆功能和逻辑判断力强、自动工作等常规功能外, 还具有独特的优点。

### (1) 体积小、质量轻、功耗低

由于采用大规模和超大规模集成电路, 微型计算机所包含的器件数目大为减少, 体积也

显著缩小。20 世纪 50 年代要由占地上百平方米、耗电上百千瓦的电子计算机实现的功能，已被内部只含几十片集成电路的微型机所取代。近年来，微型机已从台式发展到便携乃至笔记本式。随着微处理器技术的发展，今后推出的高性能微处理器产品体积更小、功耗更低而功能更强，对于航空、航天、智能仪器、仪表等领域具有特别重要的意义。

#### (2) 可靠性高、使用环境条件要求低

微型计算机采用大规模集成电路以后，系统内使用的芯片数量大大减少，从而使印制电路板上的连线减少，接插件数目大幅度减少，同时由于集成电路芯片本身功耗低、发热量小，提高了微型计算机的可靠性，降低了对使用环境的要求。

#### (3) 结构简单灵活、系统设计方便、适应性强

微型计算机采用了模块化的硬件结构，特别是采用总线结构后，使微型计算机系统成为一个开放的体系结构，系统中各功能部件通过标准化的插槽和接口相连，用户选择不同的功能部件（板卡）和相应外设就可构成不同要求和规模的微型计算机系统。由于微型计算机的模块化结构和可编程功能，使得一个标准的微型计算机在不改变系统硬件设计或只部分地改变某些硬件时，在相应软件的支持下就能适应不同应用任务的要求，或升级为更高档次的微机系统，从而使微型计算机具有很强的适应性和广泛的应用范围。

#### (4) 性价比高

随着大规模和超大规模集成电路技术的不断成熟，集成电路芯片的价格越来越低，微型机成本不断下降，同时也使许多过去只在大、中型计算机中采用的技术也在微型机中得到采用，许多高性能的微型计算机的性能实际上已经超过了中、小型计算机的性能，但其价格要比中、小型机低几个数量级。随着超大规模集成电路技术的进一步成熟，生产规模和自动化程度的不断提高，微型机的价格还会越来越便宜，而性能也会越来越高，这将使微型计算机得到更广泛的应用。

### 4. 微型计算机的应用

由于微型计算机具有体积小、质量轻、价格低、可靠性高、功耗低和结构灵活等一系列优点，所以得到广泛应用。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强大的生命力，其应用主要有以下几个方面。

#### (1) 科学计算

科学计算一直是计算机的重要应用领域。发明计算机的最初目的就是为了科学计算，如利用计算机高速、高精度地进行大量复杂的数学运算（如导弹飞行轨迹计算、天气预报、地震预测等）。随着微处理器技术的不断发展，性能不断升级，高档微型计算机已具有较强的运算能力，已能满足相当大范围的科学计算的需要，特别是微型机的发展及多个微处理器组成的并行处理机系统，其功能和计算速度已可与大型计算机匹敌，而成本只有大型机的几分之一，使微型计算机用于科学计算的前景更为广阔。

#### (2) 数据处理与信息管理

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、分类统计、显示打印和通信等。这在航空、航天、邮电通信、军事科学中的应用十分广泛。信息管理是指计算机对人工输入的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。这在机票预订、情报检索、气象预报、办公自动化等系统中得到了广泛应用。

#### (3) CAD、CAM、CAA 和 CAI 的应用

计算机辅助设计（CAD，Computer-Aided Design），是指工程技术人员借助于计算机进

行新产品开发和设计的过程。计算机辅助制造 (CAM, Computer-Aided Manufacturing), 是指计算机自动对设计好的零件进行加工的过程。计算机辅助装配 (CAA, Computer-Aided Assemble), 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。计算机辅助教学 (CAI, Computer-Aided Instruction), 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, 其运算速度要快, 存储容量要大, 并要有相应的软件支持。目前, 我国的 CAD 使用较为普遍, 在服装设计、电子、建筑、造船、机械制造和飞机制造业等领域使用尤其广泛。

#### (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。计算机实时采集生产现场的信息并加以处理, 然后输出命令控制生产现场的有关设备或参数, 使生产现场达到较佳的状态, 如数控机床、化工自动控制、交通自动控制、自动灭火、智能仪器等。

#### (5) 军事领域的应用

微型计算机在军事领域中的应用虽然鲜为人知, 但应用却十分广泛。微型计算机通常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。

#### (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、文字和图像等多媒体于同一载体或平台的系统, 以实现与外部世界进行多功能和多用途的信息交流。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。

#### (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。此外, 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。

#### (8) 人工智能的应用

人工智能就是用计算机模拟人类的智能, 使计算机具有听、看、说和“思维”的能力。人工智能包括的内容有: 图形与语言的识别、语言的翻译、专家系统、机器人、自动程序设计等。

### 1.1.4 现代微型计算机技术的发展趋势

随着微电子技术和计算机技术的发展, 一些新思维和新技术被陆续应用于微型计算机领域。

#### (1) 多级流水线结构

为了提高微型计算机的工作速度, 将某些功能部件分离, 把一些大的顺序操作分解为不同功能部件分别完成、在时间上可以重叠的子操作, 这种技术被称为“流水线技术”。在一般的微处理器中, 在一个总线周期 (或一个机器周期) 未执行完前, 地址总线上的地址是不能更新的。在多级流水线的情况下, 当前一个指令周期正执行命令时, 下一条指令的地址已被送到地址线, 这样从宏观上来看两条指令执行在时间上是重叠的。这种流水线结构大大提高了微处理器的处理速度。

#### (2) 片上存储器管理技术

片上存储器管理技术是把存储器管理部件与微处理器集成在一个芯片上。目前把数据高

速缓存、指令高速缓存与 MMU（存储器管理单元）结合在一起的趋势已十分明显，这样可以减少 CPU 的执行时间，减轻总线的负担。例如，摩托罗拉的 MC68030 将 256B 的指令高速缓存及 256B 的数据高速缓存与 MMU 结合在一起构成 Cache/Memory Unit。

### （3）虚拟存储技术

虚拟存储是一种存储管理技术，目的是扩大面向用户的内存容量。在一般情况下，系统除配备一定的主存外，还配备有较大容量的辅助存储器，二者相比，前者速度快，但价格贵、容量小；后者速度慢，但容量大，所以大量的程序和数据平时是存放在辅助存储器中的，到用时才调入内存。当程序规模较大而内存数量相对不足时，编程者就需要做出安排，分批将程序调入内存，也就是说，需要不断用新的程序段来覆盖内存中暂时不用的老程序段。所谓“虚拟存储”技术，就是采用软、硬件相结合的方法，由系统自动进行这项调度。对于用户来说，这意味着他们可放心使用更大的虚拟内存，而不必过问实际内存的大小，并可得到接近实际内存的工作速度。

### （4）并行处理的哈佛结构

为了进一步提高系统的工作速度和工作能力，一些系统采用了多处理器结构。所谓“多处理器系统”，是指一个系统中同时有几个部件可以接受命令，并进行指令的译码操作。为了克服 CPU 数据总线宽度的限制，尤其是在单处理器的情况下，进一步提高微处理器的处理速度，采用高度并行处理技术——哈佛结构（Harvard Structure）已成为引人注目的趋势。哈佛结构的基本特性是：采用多个内部数据/地址总线；将数据和指令缓存分开；使 MMU 和转换后缓冲存储器（TLB）与 CPU 实现并行操作。

### （5）RISC 结构

所谓 RISC 结构，就是简化指令集的微处理器结构。其指导思想是在微处理器芯片中，将那些不常用的由硬件实现的复杂指令改由软件来实现，而硬件只支持常用的简单指令。这种方法可以大大降低硬件的复杂程度，并显著减少处理器芯片的逻辑门个数，从而提高处理器的总性能。这种结构更适于当前微处理器芯片新半导体材料的开发和应用。

### （6）整片集成技术

目前高档微处理器基本转向 CMOS VLS 工艺，集成度已突破千万个晶体管大关。一个令人瞩目的动向是新一代的微处理器芯片已将更多的功能部件集成在一起，并做在一个芯片上。目前在一个 CPU 的芯片上已实现片上存储管理、高速缓存、浮点协处理器部件、通信 I/O 接口、时钟定时器等。同时，单芯片多处理器并行处理技术也被不少厂家研制出来。

目前，微型计算机仍继续向着微型化的方向发展，同时也在向着网络化和智能化方向发展。随着微电子技术的发展，微处理器的集成度越来越高，芯片功能越来越强，从而使微型计算机的体积进一步减小，重量进一步减轻，而功能则在不断地增强。另外，从微型计算机系统角度来看，采用多机系统结构、增强图形处理能力、提高网络通信性能等方面都是当今微型计算机系统所追求的目标。

## 1.2 微型计算机基本结构

1946 年，美籍匈牙利数学家冯·诺依曼（John Von Neumann）等人在一篇名为《关于电子计算仪器逻辑设计的初步探讨》的论文中，第一次提出了计算机组成和工作的基本思想。其主要思想是：

- ① 计算机应由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备这五部分组成。
- ② 存储器不但能存放数据，而且也能存放程序。数据和指令均以二进制数的形式存放，计算机具有区分指令和数据的能力。



③ 编好的程序先存入存储器，在指令计数器的控制下，自动高速运行（执行程序）。

以上几点可归纳为“程序存储，程序控制”的构思。数十年来，虽然计算机已取得了惊人的进展，相继出现了各种结构形式的计算机，但究其本质仍属冯·诺依曼结构体系。

## 1.2.1 微型计算机基本结构

微型计算机是由硬件（Hardware）和软件（Software）两大部分组成的。硬件是指那些为组成计算机而有机联系的电子、电磁、机械、光学元件、部件或装置的总和，它是有形的物理实体。软件是相对于硬件而言的，从狭义的角度看，软件包括计算机运行所需要的各种程序；而从广义角度讲，软件还包括手册、说明书和有关资料。

### 1. 微型计算机硬件结构

微型计算机在硬件上由运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备五大部分组成，如图 1-2 所示。

运算器是计算机处理信息的主要部分；控制器控制计算机各部件自动地、协调一致地工作；存储器是存放数据与程序的部件；输入设备用来输入数据与程序，常用的输入设备有键盘、光电输入机等；输出设备将计算机的处理结果用数字、图形等形式表示出来，常用的输出设备有显示终端、数码管、打印机、绘图仪等。

通常把运算器、控制器、存储器这三部分称为计算机的主机，而输入、输出设备则称为计算机的外部设备（简称外设）。由于运算器、控制器是计算机处理信息的关键部件，所以常将它们合称为中央处理单元 CPU（Central Process Unit）。

### 2. 微型计算机的软件

上面所述的微型计算机设备称为硬件。计算机能够脱离人的直接控制而自动地操作与运算，还必须要软件。软件是指使用和管理计算机的各种程序（Program），而程序是由一条条指令（Instruction）组成的。程序的集合构成了计算机中的软件系统。

#### （1）指令

控制计算机完成各种操作的命令称为指令。

例如，将寄存器 A 的内容与数 38 相加的指令称为加法指令，书写形式为

```
ADD    A, #38
```

指令分成操作码和操作数两大部分。操作码表示该指令执行何种操作，操作数表示参加运算的数据或数据所在的地址。

#### （2）程序

为了计算一个数学式，或者控制一个生产过程，需要事先制定计算机的计算步骤或操作步骤。计算步骤是由一条条指令来实现的。这种一系列指令的有序集合称为程序。编制程序的过程称为程序设计。

**【例 1-1】** 计算  $63 + 56 + 36 + 14 = ?$

**【解】** 编制的程序如下：

```
MOV    A, #63    ;数 63 送入寄存器 A
ADD    A, #56    ;A 的内容 63 与数 56 相加，其和 119 送回 A
```

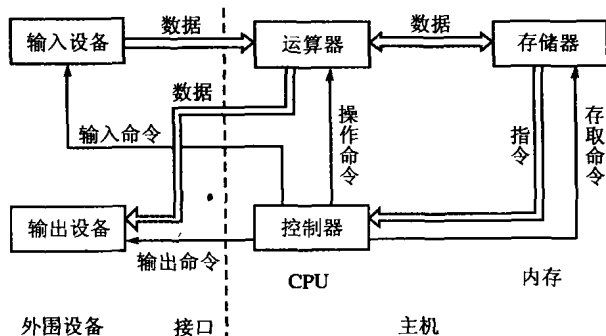


图 1-2 微型计算机硬件结构框图