

HZ BOOKS

21  
世纪

高等院校电子信息类本科规划教材

# 单片微型计算机 原理及应用

姜志海 刘连鑫 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

21  
世纪

高等院

TP308.1  
317

2007

类本科规划教材

# 单片微型计算机 原理及应用

姜志海 刘连鑫 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

本书从教学出发,系统、全面地介绍了微型计算机的基础知识、单片机基本知识、单片机汇编语言程序设计、单片机基本资源使用、单片机外部存储器的扩展、单片机外部I/O接口的扩展及单片机系统设计。

本书论述深入浅出、循序渐进,全书通过大量的实例阐述了单片机的基本问题,每章的开始有知识要点、教学参考进行引导,结束有本章小结、习题以巩固所学知识。本书可作为高等院校电子信息类专业本科生的教材。

版权所有,侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

### 图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及应用/姜志海,刘连鑫编著. —北京:机械工业出版社,2007.1  
(21世纪高等院校电子信息类本科规划教材)

ISBN 978-7-111-20193-9

I. 单… II. ①姜… ②刘… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第126158号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:秦燕梅

三河市明辉印装有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2007年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15印张

定价:23.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换

本社购书热线:(010)68326294

# 前 言

单片机技术的出现给现代工业测控领域带来一次新的革命。目前单片机作为嵌入式微控制器,以其高可靠性、高性价比,在工业测控系统、智能化仪器、数据采集、通信及家用电器等领域得到了广泛应用。

由于单片机技术在各个领域应用的广泛性,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、处理能强、可靠性好、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,在我国得到了广泛应用,并取得了令人瞩目的成果。尽管目前已有世界各大公司研制的各种高性能的不同型号的单片机不断问世,但由于 MCS—51 系列单片机易于学习、掌握,性价比高,且随着以 MCS—51 系列单片机基本内核为核心的各种扩展、增强型的单片机不断推出,在今后若干年内, MCS—51 系列单片机仍是我国在单片机应用领域首选的机型。

在本书的编写内容中,融入了编者多年教学、科研的经验与应用实例。全书共分 7 章,内容包括:微型计算机基础、MCS—51 系列单片机基本知识、MCS—51 系列单片机汇编语言程序设计、MCS—51 系列单片机硬件资源的使用、MCS—51 系列单片机存储器扩展技术、MCS—51 系列单片机 I/O 口扩展技术、单片机应用系统的设计。

本书既可以作为高等院校自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、电子信息工程及机电一体化等专业的教材,也可供从事单片机应用与产品开发等工作的工程技术人员参考。本书作为“单片机原理及应用”课程的本科教材时,在“微机原理及应用”的课程之后开设,参考学时为 32~48 学时。本书也可作为“微机原理及应用”课程和“单片机原理及应用”课程二合一的教材,这时参考学时为 64~72 学时。教师在讲授时,可结合专业特点和需要适当调整内容。

本书由山东理工大学姜志海、刘连鑫编写,第 1、2、3、4 章由姜志海编写;第 5、6、7 章由刘连鑫编写;全书由姜志海负责整理、统稿。

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。

鉴于编者的水平有限,单片机芯片的应用技术也在不断发展,书中难免有不完善、不足之处,恳请广大读者批评指正。

编著者  
2006 年 12 月

# 目 录

前言

第1章 微型计算机基础	1
知识要点	1
教学建议	1
1.1 概述	1
1.1.1 计算机的发展、特点与应用	1
1.1.2 微型计算机的基本结构	2
1.1.3 微处理器、微型计算机、微型计算机系统	3
1.1.4 微型计算机软件	5
1.1.5 计算机中的数	7
1.2 存储器	12
1.2.1 概述	12
1.2.2 堆栈	14
1.3 输入/输出接口电路	16
1.3.1 概述	16
1.3.2 数据传送方式	18
1.3.3 串行通信的基本概念	20
1.4 中断	23
1.4.1 概述	23
1.4.2 中断特点	24
1.4.3 中断过程与中断系统	24
1.5 单片机概述	26
1.5.1 单片机特点及应用	26
1.5.2 单片机技术的发展趋势	28
1.5.3 常用的单片机产品	30
1.5.4 单片机应用系统的结构	33
1.5.5 单片机应用系统开发概述	34
本章小结	36
习题	36
第2章 MCS—51 系列单片机基本知识	37
知识要点	37

教学建议 .....	37
2.1 MCS—51 系列单片机的总体结构 .....	37
2.1.1 主要组成 .....	38
2.1.2 外部引脚说明 .....	39
2.1.3 硬件资源说明 .....	42
2.2 MCS—51 系列单片机的微处理器 .....	43
2.2.1 运算器 .....	43
2.2.2 控制器 .....	44
2.2.3 CPU 时序 .....	45
2.3 MCS—51 系列单片机的存储器 .....	46
2.3.1 程序存储器 .....	46
2.3.2 数据存储器 .....	48
2.4 MCS—51 系列单片机的复位和复位电路 .....	51
2.4.1 上电自动复位和人工按钮复位 .....	52
2.4.2 系统复位 .....	52
2.5 MCS—51 系列单片机指令系统概述 .....	53
2.5.1 概述 .....	53
2.5.2 指令格式 .....	53
2.5.3 操作数的类型 .....	54
2.5.4 指令描述约定 .....	54
2.5.5 寻址方式 .....	55
2.6 MCS—51 系列单片机的指令系统详述 .....	58
2.6.1 数据传送类指令 .....	58
2.6.2 算术运算类指令 .....	62
2.6.3 逻辑运算类指令 .....	64
2.6.4 控制转移类指令 .....	65
2.6.5 位操作类指令 .....	68
2.7 MCS—51 系列单片机的伪指令 .....	70
本章小结 .....	73
习题 .....	74
<b>第 3 章 MCS—51 系列单片机汇编语言程序设计 .....</b>	<b>75</b>
知识要点 .....	75
教学建议 .....	75
3.1 程序设计概述 .....	75
3.2 顺序结构程序 .....	76
3.3 分支结构程序 .....	80
3.4 循环结构程序 .....	82
3.5 基本功能程序模块的设计 .....	87

3.5.1 查表程序·····	87
3.5.2 算术逻辑运算处理程序·····	88
3.5.3 数制转换程序·····	93
本章小结·····	99
习题·····	99
<b>第4章 MCS—51 系列单片机硬件资源的使用</b> ·····	<b>101</b>
知识要点·····	101
教学建议·····	101
4.1 MCS—51 系列单片机的并行口及其使用·····	101
4.1.1 内部并行 I/O 口的介绍·····	101
4.1.2 内部并行 I/O 口的使用·····	103
4.2 MCS—51 系列单片机的中断系统·····	103
4.2.1 中断系统与控制·····	103
4.2.2 中断优先级结构·····	106
4.2.3 中断响应·····	106
4.2.4 中断请求的撤除·····	107
4.2.5 中断系统的初始化·····	109
4.2.6 外部中断源的扩展·····	109
4.3 MCS—51 系列单片机的定时器/计数器·····	111
4.3.1 定时器/计数器的结构·····	111
4.3.2 定时器/计数器的控制寄存器·····	112
4.3.3 定时器/计数器的工作方式·····	113
4.4 MCS—51 系列单片机的串行接口·····	118
4.4.1 串行口寄存器的结构·····	118
4.4.2 串行口控制寄存器·····	119
4.4.3 串行口的工作方式·····	120
4.4.4 波特率的设定·····	123
4.4.5 串行口的应用·····	123
4.4.6 RS—232C 串行口标准及应用·····	125
本章小结·····	129
习题·····	129
<b>第5章 MCS—51 系列单片机存储器扩展技术</b> ·····	<b>130</b>
知识要点·····	130
教学建议·····	130
5.1 MCS—51 系列单片机系统三总线的产生·····	130
5.2 并行存储器的扩展·····	131
5.2.1 存储器扩展概述·····	131

5.2.2	程序存储器的扩展	133
5.2.3	数据存储器的扩展	136
5.3	串行存储器 E <sup>2</sup> PROM 的扩展	137
5.3.1	I <sup>2</sup> C 总线的时序及器件地址	137
5.3.2	AT24CXX 系列串行 E <sup>2</sup> PROM 的操作时序	138
5.3.3	串行 E <sup>2</sup> PROM 与 8031 单片机的接口实例	142
	本章小结	146
	习题	146
<b>第 6 章</b>	<b>MCS—51 系列单片机 I/O 口扩展技术</b>	<b>148</b>
	知识要点	148
	教学建议	148
6.1	MCS—51 系列单片机并行 I/O 口的扩展	148
6.1.1	单片机的口线直接作 I/O 口	148
6.1.2	简单 I/O 接口的扩展	149
6.1.3	利用 8255A 可编程芯片扩展并行 I/O 口	150
6.1.4	利用单片机的串行口扩展并行 I/O 口	158
6.2	MCS—51 系列单片机键盘接口技术	161
6.2.1	键盘基本问题	161
6.2.2	独立式按键接口技术	162
6.2.3	行列式键盘	163
6.3	MCS—51 系列单片机 LED 显示器接口技术	166
6.3.1	LED 显示器的结构与原理	166
6.3.2	LED 显示器接口技术	167
6.3.3	串行口控制的 LED 显示器与单片机的接口	169
6.3.4	单片机经 8255A 与键盘/显示器接口技术	170
6.4	HD7279 键盘、显示器接口芯片	172
6.4.1	HD7279 的引脚功能及控制指令	172
6.4.2	HD7279 的通信时序	176
6.4.3	HD7279 与单片机的接口及编程	177
6.5	MCS—51 系列单片机 A/D 转换器接口技术	180
6.5.1	A/D 转换器概述	180
6.5.2	并行 A/D 转换器 AD574	182
6.5.3	串行 A/D 转换器 TLC2543	185
6.5.4	V/F 式 A/D 转换电路的应用	189
6.6	MCS—51 系列单片机 D/A 转换器接口技术	190
6.6.1	D/A 转换器简介	190
6.6.2	8 位并行 D/A 转换器 DAC0832	190
6.6.3	12 位串行 D/A 转换器 DAC7512	194



6.6.4 I <sup>2</sup> C 总线接口电压输出型 8 位 D/A 转换器 .....	197
本章小结 .....	199
习题 .....	199
<b>第 7 章 单片机应用系统的设计</b> .....	<b>201</b>
知识要点 .....	201
教学建议 .....	201
7.1 单片机应用系统的结构与设计内容 .....	201
7.1.1 单片机应用系统的一般硬件组成 .....	201
7.1.2 单片机应用系统的设计内容 .....	204
7.2 单片机应用系统的一般设计方法 .....	205
7.2.1 确定系统的功能与性能 .....	205
7.2.2 确定系统基本结构 .....	205
7.2.3 单片机应用系统硬件、软件的设计原则 .....	206
7.2.4 硬件设计 .....	208
7.2.5 软件设计 .....	209
7.2.6 资源分配 .....	209
7.3 单片机应用系统的调试 .....	210
7.3.1 单片机应用系统调试工具 .....	210
7.3.2 单片机应用系统的一般调试方法 .....	211
7.4 单片机应用系统的设计实例 .....	215
本章小结 .....	226
习题 .....	226
<b>附录 A ASCII 码字符表</b> .....	<b>227</b>
<b>附录 B 单片机应用资料的网上查询方法</b> .....	<b>228</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>229</b>

# 第 1 章 微型计算机基础

## 📖 知识要点

- 微型计算机的基本结构；
- 微处理器、微型计算机、微型计算机系统的区别；
- 计算机中的数；
- 存储器、堆栈的基本概念；
- I/O 接口的功能；
- 计算机和外设之间数据传送的方式；
- 中断的概念；
- 单片机概述。

## 📖 教学建议

- 了解计算机的特点及应用，掌握微型计算机的结构及计算机中常用的数；
- 掌握存储器、堆栈的作用、I/O 接口的作用、数据传送方式、中断的基本概念；
- 了解单片机的特点及应用、技术现状、发展趋势，掌握单片机应用系统的结构；
- 本章属于计算机的基础知识，学过“微型计算机原理及应用”课程的，可以跳过 1.1、1.2、1.3、1.4、1.5 节。

## 1.1 概述

### 1.1.1 计算机的发展、特点与应用

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 4 个阶段。现代的计算机都是大规模集成电路计算机，它们具有功能强大、结构紧凑、系统可靠等优点，其发展趋势是巨型化、微型化、网络化及智能化。微型计算机发展的重要方向，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，于是就出现了基于一个大规模集成电路的微型计算机——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，一般需要嵌入在设备产品内，故又称为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller)。

在现代社会各个领域，计算机起着极其重要的作用，这是由它的卓越特性决定的。

### (1) 高速性

电子计算机被广泛应用的最重要的原因是它能以人类所无法比拟的高速度进行信息处理。计算机的运算速度大于每秒几十万次，有些巨型机已达每秒十几亿次。

### (2) 高度自动化

电子计算机能在程序的控制下，无需人的介入自动处理信息。

### (3) 具有记忆功能

电子计算机能保存大量的信息，一般计算机能存储几万、几十万、几百万甚至几千万字符的信息。

### (4) 具有逻辑判断功能

电子计算机可进行各种逻辑判断，并根据判断的结果自动决定下一步的工作。

### (5) 高精度性和高可靠性

用电子计算机处理得到的结果，数据的有效位数可达十几位，甚至上百位。计算机的可靠性高，可无故障地连续运行数万小时。

随着计算机的发展，其应用将更加广泛，一般有几方面的应用：

#### (1) 科学计算

利用计算机高速、高精度地进行大量的复杂的数学运算，如导弹飞行轨迹计算、天气数值预告等。

#### (2) 数据与信息处理

利用计算机对大量乃至海量数据进行排序、插入、修改、删除、检索等基本操作，如资料的统计分析、计划的编制、企业的成本核算、情报的检索等。

#### (3) 实时控制

计算机可实时采集生产现场的信息并加以处理，然后输出命令以控制现场，使现场达到较佳的状态。如数控机床、工业自动化控制、交通自动控制、自动灭火系统、智能仪器等。

#### (4) 计算机辅助设计

利用计算机来代替人工进行机械、电路、房屋、服装等设计。

#### (5) 人工智能

人工智能就是利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：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。

## 1.1.2 微型计算机的基本结构

微型计算机的结构框图如图 1-1 所示。它由运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备五大部分组成。

运算器是计算机处理信息的主要部分，它控制计算机各部件自动、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围设备(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(Central Process Unit, CPU)。

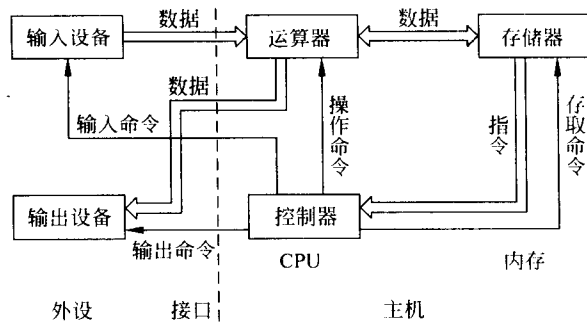


图 1-1 微型计算机的结构框图

### 1.1.3 微处理器、微型计算机、微型计算机系统

微处理器、微型计算机、微型计算机系统是不同的概念，有必要对它们加以说明。

#### 1. 微处理器

随着大规模集成电路技术的发展，已经把运算器、控制器集成在一块芯片上，成为独立的器件。该芯片被称为微处理器或微处理机 (Microprocessor)，也称 CPU。

微处理器是微型计算机的核心，它通常由算术逻辑部件 (ALU)、累加器和通用寄存器组、程序计数器 (PC)、时序和控制逻辑部件、内部总线等组成。其中算术逻辑部件主要完成算术运算 (+、-、×、÷ 等操作) 及逻辑运算 (与、或、非、异或等操作)；通用寄存器组用来存放参加运算的数据、中间结果或地址；程序计数器 (PC) 指向要执行的下一条指令，顺序执行指令时，每取一个指令字节，程序计数器加 1；控制逻辑部件负责对整机的控制，包括从存储器中取指令，对指令进行译码和分析，确定指令的操作及操作数的地址，再取操作数，并执行操作，将结果送回存储器或 I/O 接口等，同时也发出相应的控制信号和时序，发送到微型计算机的其他部件，使 CPU 内部及外部协调工作；内部总线用来传送 CPU 内部的数据及控制信号。

微处理器不能构成独立工作的系统，也不能独立执行程序，必须配上存储器、外部输入/输出接口，才能构成一台微型计算机并工作。

#### 2. 微型计算机

微型计算机由 CPU、存储器、输入/输出 (I/O) 接口构成，芯片之间通过总线 (Bus) 连接，如图 1-2 所示。

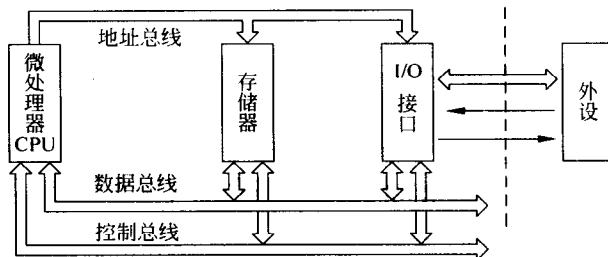


图 1-2 微型计算机结构

### (1) 存储器

存储器是微型计算机的重要组成部分，有了存储器计算机才具备记忆的功能。

计算机工作时，CPU 将数据存入存储器的过程称为“写”操作，CPU 从存储器中取数据的过程为“读”操作。写入存储单元的数据取代了原数据，而且在下一个新的数据写入之前一直保留着，即存储器具有记忆的功能。在执行读操作后，存储单元中原有的内容不变，即存储器的读出是非破坏性的。

### (2) 输入/输出(I/O)接口

I/O 接口是连接 CPU 与外部设备的桥梁。外部设备种类繁多，其运行速度、数据格式、电平等各不相同，常常与 CPU 不一致，所以要用 I/O 接口作桥梁，起到信息转换与协调的作用。例如打印机打印一行字符约需 1s，而计算机输出一行字符仅需约 1ms，要使打印机与计算机同步工作，必须采用相应的接口芯片来协调。

### (3) 总线

所谓总线，就是在微型计算机各芯片之间或芯片内部各部件之间传输信息的一组公共通信线。微型计算机采用总线结构后，芯片之间不需要单独走线，从而大大减少了连接线的数量。但是挂在总线上的芯片不能同时发送信息，否则多个信息同时出现在总线上将发生冲突而造成错误。即如果有几块芯片需要同时输出信息，就必须分时传送。为了实现这个功能，挂在总线上的各个芯片必须通过缓冲器与总线相连。

三态门是常用的缓冲器的一种。单向总线的缓冲器由单向三态门构成，双向总线的缓冲器由双向三态门构成。在每一瞬间，由 CPU 发出的控制信号只能同时接通一个发送信息芯片的缓冲器和接收信息芯片的缓冲器，其他缓冲器都处在高阻断开状态，这就保证了信息传送的正确性。

微型计算机采用总线结构后，提高了计算机扩展存储器芯片及 I/O 芯片的灵活性。因为挂在总线上的芯片数量原则上是没有限制的，需要增加芯片时，只需通过缓冲器挂到总线上就行了，但是，总线一次只能传送一个数据，使计算机的工作速度受到了影响。

计算机总线的种类非常多，从使用的角度可分为内部总线、元件级总线、系统总线、外部总线四类，在微型计算机中我们接触比较多的是元件级总线。计算机元件级总线包括地址总线(Address Bus, AB)、数据总线(Data Bus, DB)、控制总线(Control Bus, CB)三种。

地址总线是 CPU 用来向存储器或 I/O 接口传送地址信息的，是三态单向总线。地址总线的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存容量，例如 8 条地址总线，最大寻址范围为  $2^8 = 256\text{B}$ ，16 条地址总线，最大寻址范围为  $2^{16} = 64\text{KB}$ 。8 条地址线用 A7 ~ A0 表示，A7 为最高位地址线，A0 为最低位地址线；16 条地址线用 A15 ~ A0 表示，A15 为最高位地址线，A0 为最低位地址线。

数据总线是 CPU 与存储器及外设交换数据的通路，是三态双向总线。数据总线的位数与微处理器的位数相同，一般有 8 位、16 位、32 位等。8 位数据线用 D7 ~ D0 表示，D7 为最高有效位，D0 为最低有效位；16 位数据线用 D15 ~ D0 表示，D15 为最高有效位，D0 为最低有效位。8 位、16 位、32 位数据线的最高有效位都可用 MSB 表示，最低有效位用 LSB 表示。

控制总线是用来传输控制信号的，传送方向就具体控制信号而定，如 CPU 向存储器或 I/O 接口电路输出读信号、写信号、地址有效信号，而 I/O 接口部件向 CPU 输入复位信号、

中断请求信号等。控制总线的宽度根据系统需要而定。

将微处理器、存储器、I/O 接口电路及简单的输入、输出设备组装在一块印制电路板上，称为单板微型计算机，简称单板机。将微处理器、存储器、I/O 接口电路通过一定的工艺集成在一块芯片上，称为单片微型计算机，简称单片机。

### 3. 微型计算机系统

以微型计算机为主体，配上外围设备、电源、系统软件一起构成的应用系统，称为微型计算机系统。图 1-3 概括了微处理器、微型计算机、微型计算机系统三者的关系。

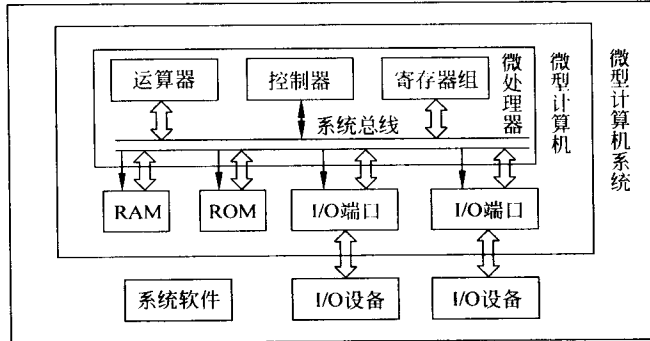


图 1-3 微型计算机系统的组成

## 1.1.4 微型计算机软件

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，还需要软件。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。

### 1. 指令

控制计算机进行各种操作的命令称为指令。

例如，将数 29 传送到寄存器 A 的指令称为传送指令，书写形式为

```
MOV    A, #29
```

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。在指令中，操作码 ADD 表示该指令执行加法操作，操作数 #38 表示参加运算的一个数据本身，#38 称为立即数，操作数 A 表示指令提供了另外一个数据所在的地址，即该数据在寄存器 A 中的地址，而且规定将运算结果放入目的操作数单元，即把“和”放入 A 中。

### 2. 程序

为了计算一个数学式，或者要控制一个生产过程，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。

例如, 计算  $63 + 56 + 36 + 14 = ?$

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
ADD    A, #36    ;A 的内容 119 与数 36 相加, 其和 155 送回 A
ADD    A, #14    ;A 的内容 155 与数 14 相加, 其和 169 保存在 A 中
```

为了使计算机能自动进行计算, 要预先用输入设备将上述程序输入到计算机中存储。计算机启动后, 在控制器的控制下, CPU 按照顺序依次取出程序的一条条指令, 加以编译和执行。程序中的加法操作是在运算器中进行的。运算结果可以保存在 A 中, 也可以通过输出设备从计算机中输出。

如上所述, 计算机的工作是由硬件、软件紧密结合来共同完成的, 这与一般的数字电路系统不同。

### 3. 机器语言、汇编语言和高级语言

编制程序可使用汇编语言或高级语言。

上面介绍的用助记符(通常是指令功能的英文缩写)表示操作码, 用字符(字母、数字、符号)表示操作数的指令称为汇编指令。用汇编指令编制的程序称为汇编语言程序。这种程序占用存储器单元较少, 执行速度较快, 能够准确掌握执行时间, 可实现精确控制, 因此特别适用于实时控制。然而汇编语言是面向机器的语言, 各种计算机的汇编语言是不同的, 必须对所用机器的结构、原理和指令系统比较清楚, 才能编写出适用于它的各种汇编语言程序, 而且不能通用于其他机器, 这是汇编语言的不足之处。

高级语言是面向过程的语言, 常用的高级语言有 BASIC、FORTRAN、PASCAL 等。用高级语言编写程序时主要强调算法, 而不必了解计算机的硬件结构和指令系统, 因此易学易用。高级语言是独立于机器的, 一般地说, 同一个程序可在任何种类的机器中使用。高级语言适用于科学计算、数据处理等方面。

目前, 在计算机应用编程中, 出现了另外一种语言——C 语言, 很多人将它称之为“中级语言”。C 语言是一种编译型程序设计语言, 它兼顾了多种高级语言的特点, 并具备了汇编语言的功能。C 语言是为了能够胜任系统程序设计的要求而开发的, 因此有很强的表达能力, 能够用于描述系统软件各方面的特性。它具有较高的可移植性, 提供了种类丰富的运算符和数据类型, 极大地方便了程序设计。同时它有功能丰富的库函数, 运算速度快、编译效率高, 且可以直接实现对系统硬件的控制。它具有完善的模块程序结构, 因此在软件开发中可以采用模块化程序设计方法。目前, 使用 C 语言进行程序设计已成为软件开发的主流。

计算机中只能存放和处理二进制信息, 所以无论高级语言程序还是低级语言程序, 都必须转换成二进制代码形式后才能输入计算机, 这种二进制代码形式的程序就是机器语言程序。二进制代码形式的指令又称为机器指令或机器码。汇编指令与机器指令具有一一对应的关系。汇编语言程序与高级语言程序又统称为源程序, 而机器语言程序称为目标程序。

机器语言只有 0、1 两个符号, 用它来直接编写程序十分困难。因此, 往往先用汇编语言或高级语言编写程序, 然后再转换成目标程序。将汇编语言程序翻译成目标程序的过程称为汇编。实现汇编有两种方法, 由编程人员对照指令表, 一条一条查找、翻译的过程称为人工汇编; 由计算机自动完成汇编语言转换为机器语言的过程称为机器汇编。机器汇编时用到

的软件称为汇编程序。高级语言转换成机器语言的工作只能由计算机完成，转换时所用的软件称为编译程序或解释程序。这两种程序都远比汇编程序复杂，占用存储器单元多，这是应用高级语言的缺点。

#### 4. 程序分类

计算机软件即程序系统所包括的内容如图 1-4 所示。用来解决用户各种实际问题的程序称为应用程序。应用程序标准化、模块化后，形成解决各种典型问题的应用程序的组合，称为软件包。

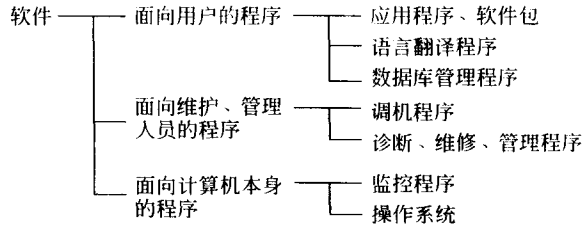


图 1-4 计算机软件分类示意图

语言翻译程序有汇编程序、编译程序、解释程序。

计算机应用于信息处理、情报检索及各种管理系统时要处理大量数据，并建立大量的表格。这些数据、表格应按一定的规律组织起来，可以使检索更迅速，处理更方便，于是就建立了数据库，相应地就出现了数据库管理程序。

调机程序是测试计算机性能的程序。调机程序、诊断、维修、管理程序都由计算机厂家提供，用于计算机的维护及管理。

监控程序固化于内部存储器中，上电后能自动担负起管理整个计算机的工作，包括机器正常启动、调用磁盘操作系统、调用汇编程序或编译程序、扫描键盘、输入用户程序并运行等。

在一些较大的计算机系统中，硬件与软件都非常复杂。如果由人通过控制台直接参与硬件、软件的管理调度，不仅效率很低，而且非常困难，所以必须让计算机自我管理。操作系统就是指挥计算机管理自己的软件，操作系统能根据任务和设备情况，按照使用者的意图，合理分配硬件和软件的工作，实现多个程序成批地在计算机中自动运行，充分发挥计算机系统的效率。

### 1.1.5 计算机中的数

#### 1. 计算机的常用单位与术语

##### (1) 位的含义

开关的闭合或电位器电平的高低，可以表示为两种状态：0 和 1。因此可以把一个开关或一个电位器称之为“位”，用 bit 表示。在计算机中，位是计算机中所能表示的最基本和最小的数据单位，是一个二进制数。

##### (2) 字节(Byte)的含义

一个开关可以表示为“0”或“1”，两个开关可以表示“00”、“01”、“10”、“11”四种状态，也就是可以表示 0~3，计算机中通常用 8 位同时计数，就可以表示 0~255。这 8 位就称之为一个字节(Byte)，即 1Byte = 8bit。



在微型计算机中，数据是以字节为单位进行存储的。通常把 1024 个字节称为 1KB(即 1KB = 1024Byte)，1MB = 1024Byte × 1024Byte = 1024KB，1GB = 1024MB，1TB = 1024GB。

### (3) 字(word)

字通常由两个字节构成。

### (4) 字长

字长指计算机能一次处理二进制数位数的多少。如 MCS—51 单片机是 8 位机，字长是 8 位；以 80586 为微处理器的计算机是 32 位机，其字长是 32 位。

## 2. 计算机中的数制

计算机最早是作为一种计算工具出现的，所以它的最基本的功能是对数进行加工和处理。数在机器中表示器件的物理状态。一个具有两种不同的稳定状态且能相互转换的器件就可以用来表示 1 位(bit)二进制数。二进制数有运算简单、便于物理实现、节省设备等优点，所以目前在计算机中的数几乎全部采用二进制表示。但是二进制数书写起来太长，不便于阅读和记忆，且目前大部分微型计算机是 8 位、16 位或 32 位的，都是 4 的整数倍，而 4 位二进制数即是一位十六进制数，所以微型计算机中的二进制数都采用十六进制数来表示。十六进制数用 0~9，A~F 这 16 个数和字符表示十进制数 0~15。因此 1 个 8 位的二进制数可用 2 位十六进制数表示，一个 16 位的二进制数可用 4 位十六进制数表示等。日常生活中我们使用的主要是十进制数，十进制数、二进制数和十六进制数表示间的相互转换关系见表 1-1。

表 1-1 十进制数、二进制数及十六进制数对照表

十进制	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
二进制	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
十六进制	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

为了区别十进制数、二进制数及十六进制数，可以在数的后面加一个字母。规定 B(binary)表示二进制数；D(decimal)表示十进制数；H(hexadecimal)表示十六进制数，其中十进制数后面的字母 D 可以省略。

### (1) 二进制数和十六进制数间的相互转换

根据表 1-1 所示的对应关系即可实现它们之间的转换。

二进制整数转换为十六进制数，其方法是从右(最低位)向左将二进制数分组：每 4 位为 1 组，最后一组若不足 4 位则在其左边添加 0，每组用 1 位十六进制数表示。如：

$$000111111000111B = 1FC7H$$

十六进制数转换为二进制数，只需用 4 位二进制数代替 1 位十六进制数即可。如：

$$3AB9H = 0011\ 1010\ 1011\ 1001B$$

### (2) 十六进制数和十进制数间的相互转换

十六进制数转换为十进制数十分简单，只需将十六进制数按权展开即可。如：

$$\begin{aligned} 1F3DH &= 16^3 \times 1 + 16^2 \times 15 + 16^1 \times 3 + 16^0 \times 13 \\ &= 4096 \times 1 + 256 \times 15 + 16 \times 3 + 1 \times 13 \\ &= 4096 + 3840 + 48 + 13 \\ &= 7997 \end{aligned}$$