

信息与电子学科百本精品教材工程

新编电气与电子信息类本科规划教材

单片机原理及应用

姜志海 主编 黄玉清 刘连鑫 冯占英 副主编

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

新编电气与电子信息类本科规划教材

单片机原理及应用

姜志海 主编

黄玉清 刘连鑫 冯占英 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机芯片为主介绍单片机的原理与应用,共分 9 章,主要包括:微型计算机基础、MCS-51 系列单片机的硬件结构、MCS-51 单片机的指令系统、汇编语言程序设计、MCS-51 单片机硬件资源的应用、MCS-51 单片机系统的扩展及接口技术、单片机应用系统的抗干扰技术、单片机应用系统的设计、单片机的 C 语言应用程序设计,并通过较完整的实例对单片机应用系统的设计方法和步骤进行了详细介绍。

本书既可以作为高等工科院校电子信息工程、自动化、电气工程及其自动化、计算机应用以及机电一体化等电气类专业单片机原理及应用教学用书,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。

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

单片机原理及应用/姜志海主编. —北京:电子工业出版社, 2005.7

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 7-121-01431-9

I. 单… II. 姜… 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(2005)第 064887 号

责任编辑:王 颖

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:19 字数:486.4 千字

印 次:2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:24.80 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

信息与电子学科百本精品教材工程

《新编电气与电子信息类本科规划教材》 电子信息类专业教材编委会

主任委员：鲍泓（北京联合大学）

副主任委员：徐科军（合肥工业大学）

江国强（桂林电子工业学院）

秦会斌（杭州电子工业学院）

胡先福（电子工业出版社）

委员：崔桂梅 陈新华 陈启祥 段吉海 黄智伟 胡学龙
(按拼音排序)

李霞 李金平 孙丽华 谭博学 王辉 张恩平

袁家政 姚远程 邹彦 周德新 周宇 王颖

编辑出版组

主任：胡先福

成员：王颖 凌毅 韩同平 张孟玮

冉哲 李岩 李维荣 张昱

《新编电气与电子信息类本科规划教材》参编院校

(按拼音排序)

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ▶ 安徽大学 | ▶ 华北电力大学 | ▶ 山东科技大学 |
| ▶ 安徽建筑工业学院 | ▶ 淮海工学院 | ▶ 青岛大学 |
| ▶ 北京联合大学 | ▶ 桂林电子工业学院 | ▶ 上海第二工业大学 |
| ▶ 北华大学 | ▶ 桂林工学院 | ▶ 上海理工大学 |
| ▶ 常州工学院 | ▶ 广西工学院 | ▶ 上海海运学院 |
| ▶ 成都理工大学 | ▶ 济南大学 | ▶ 太原理工大学 |
| ▶ 东北电力学院 | ▶ 南京邮电大学 | ▶ 太原重型机械学院 |
| ▶ 哈尔滨工程大学 | ▶ 南京工业大学 | ▶ 天津理工大学 |
| ▶ 杭州电子科技大学 | ▶ 南昌大学 | ▶ 厦门大学 |
| ▶ 合肥工业大学 | ▶ 南华大学 | ▶ 西南科技大学 |
| ▶ 合肥电子工程学院 | ▶ 南通大学 | ▶ 西安建筑科技大学 |
| ▶ 湖北工业大学 | ▶ 宁波大学 | ▶ 武汉工业学院 |
| ▶ 湖南科技大学 | ▶ 内蒙古科技大学 | ▶ 云南大学 |
| ▶ 河海大学 | ▶ 山东大学 | ▶ 扬州大学 |
| ▶ 河北工业大学 | ▶ 山东理工大学 | |

前 言

单片机作为嵌入式微控制器在工业测控系统、智能仪器和家用电器中得到了广泛的应用。虽然单片机的种类很多,但 MCS-51 系列单片机仍不失为单片机中的主流机型。本书以 MCS-51 系列单片机为主介绍单片机的原理与应用,内容系统全面,论述深入浅出,循序渐进,注重接口技术和应用。

在本书中,融入了编者多年教学、科研的经验与应用实例,从应用的角度出发,对单片机的硬件结构、工作原理、指令系统进行了简明扼要的介绍,对程序设计方法、系统扩展、接口电路的设计、应用系统等进行了详细的介绍,最后介绍了单片机的 C 语言程序设计。

全书共分 9 章,主要包括:微型计算机基础、MCS-51 系列单片机的硬件结构、MCS-51 单片机的指令系统、汇编语言程序设计、MCS-51 单片机硬件资源的应用、MCS-51 单片机系统的扩展及接口技术、单片机应用系统的抗干扰技术、单片机应用系统的设计、单片机的 C 语言应用程序设计。

本书可作为在微机原理及应用课程之后开设的单片机原理及应用课程的教材,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,可结合本专业特点和需要适当删减内容。

本书由山东理工大学姜志海任主编,由西南科技大学黄玉清、山东理工大学刘连鑫和北京联合大学冯占英任副主编。

本书的第 1、3、5 章由山东理工大学姜志海编写;第 4、9 章由西南科技大学黄玉清编写(杨胜波参加了第 9 章第 2 节的编写工作);第 6、8 章由山东理工大学刘连鑫编写;第 2 章由北京联合大学冯占英编写;第 7 章由湖北工业大学舒军编写;全书由姜志海负责整理和统稿。

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,加之新的单片机芯片不断涌现,其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 者

2005 年 4 月

目 录

第 1 章 微型计算机基础	1
1.1 概述	2
1.1.1 计算机的特点与应用	2
1.1.2 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	8
1.2 存储器	10
1.2.1 存储器分类	10
1.2.2 堆栈	12
1.3 输入/输出接口电路	14
1.3.1 概述	14
1.3.2 数据传送方式	16
1.4 单片机概述	19
1.4.1 单片机的特点及应用	19
1.4.2 单片机的技术现状及发展趋势	21
1.4.3 常用的单片机产品	23
1.4.4 单片机应用系统的结构	24
本章小结	24
习题	25
第 2 章 MCS-51 系列单片机硬件结构	27
2.1 MCS-51 系列单片机的总体结构	28
2.1.1 主要功能	28
2.1.2 内部结构框图	28
2.1.3 外部引脚说明	29
2.1.4 硬件资源说明	32
2.2 微处理器	33
2.2.1 运算部件	33
2.2.2 控制部件	34
2.2.3 CPU 时序	35
2.3 MCS-51 存储器	36
2.3.1 程序存储器	36
2.3.2 数据存储器	38
2.4 MCS-51 单片机的复位和复位电路	41
2.4.1 上电自动复位和按钮复位	42

2.4.2 系统复位	42
本章小结	43
习题	43
第3章 MCS-51 指令系统	45
3.1 MCS-51 单片机指令系统概述	46
3.1.1 概述	46
3.1.2 指令格式	46
3.1.3 操作数的类型	47
3.1.4 汇编语言描述约定	47
3.2 寻址方式	48
3.2.1 概述	48
3.2.2 寻址方式	48
3.3 MCS-51 的指令系统	51
3.3.1 数据传送类指令	51
3.3.2 算术运算类指令	55
3.3.3 逻辑运算类指令	58
3.3.4 控制转移类指令	61
3.3.5 位操作类指令	66
3.4 伪指令	68
本章小结	71
习题	72
第4章 汇编语言程序设计	73
4.1 程序设计概述	74
4.1.1 程序设计步骤	74
4.1.2 程序设计技术	74
4.2 汇编语言基本程序设计	75
4.2.1 顺序结构程序	75
4.2.2 分支程序	77
4.2.3 循环程序	79
4.2.4 查表程序	81
4.2.5 子程序及调用	82
4.3 算术逻辑处理程序	85
4.4 数制转化程序	93
本章小结	101
习题	101
第5章 MCS-51 单片机硬件资源的应用	103
5.1 MCS-51 的并行口及其应用	104
5.1.1 内部并行 I/O 接口	104
5.1.2 内部并行 I/O 接口的应用	105
5.2 MCS-51 的中断系统	106

5.2.1	中断系统与控制	106
5.2.2	中断优先级结构	108
5.2.3	中断响应	108
5.2.4	中断请求的撤除	110
5.2.5	中断系统的初始化	111
5.2.6	外部中断源的扩展	112
5.3	MCS-51 的定时器/计数器	113
5.3.1	定时器/计数器的功能	113
5.3.2	定时器/计数器的控制寄存器	113
5.3.3	定时器/计数器的工作方式	114
5.4	MCS-51 的串行接口及串行通信	120
5.4.1	串行通信基础	120
5.4.2	串行口及控制寄存器	123
5.4.3	串行通信工作方式	125
5.4.4	波特率的设定	127
5.4.5	串行口的应用	128
5.4.6	RS-232C 串行口标准及应用	130
	本章小结	133
	习题	134
第 6 章	MCS-51 单片机系统扩展及接口技术	135
6.1	MCS-51 单片机系统总线的产生	136
6.1.1	单片机最小应用系统	136
6.1.2	单片机系统的三总线	136
6.2	MCS-51 单片机系统存储器的扩展	137
6.2.1	存储器扩展概述	137
6.2.2	程序存储器的扩展	139
6.2.3	数据存储器的扩展	142
6.2.4	串行存储器 E ² PROM 的扩展	143
6.3	I/O 扩展	152
6.3.1	MCS-51 单片机的接口直接作为 I/O 接口	153
6.3.2	简单 I/O 接口的扩展	153
6.3.3	扩展 8155 可编程并行接口芯片	154
6.3.4	利用单片机的串行口扩展并行 I/O 接口	160
6.3.5	利用 I ² C 总线接口芯片扩展 I/O 接口	163
6.4	按键、键盘及其接口	165
6.4.1	键输入过程与软件结构	165
6.4.2	键输入和键编码	166
6.4.3	独立式按键	167
6.4.4	行列式键盘	169
6.5	LED 显示器及其接口技术	173

6.5.1 LED 显示器的结构与原理	173
6.5.2 LED 显示器的显示方式	174
6.5.3 LED 显示器与单片机的接口	175
6.5.4 PS7219 显示器接口芯片	177
6.6 HD7279 键盘、显示器接口芯片	185
6.6.1 HD7279 的引脚功能及控制指令	185
6.6.2 HD7279 的通信时序	189
6.6.3 HD7279 与单片机的接口及编程	190
6.7 A/D 转换器接口	193
6.7.1 A/D 转换器概述	193
6.7.2 A/D 转换器 AD574 与单片机的接口	195
6.7.3 串行 A/D 转换器 TLC0831 与单片机的接口	198
6.7.4 V/F 式 A/D 转换电路的应用	200
6.8 D/A 转换器接口	201
6.8.1 D/A 转换器简介	201
6.8.2 12 位 D/A 转换器 DAC1208/1209/1210 与单片机的接口	202
6.8.3 串行电压输出型 D/A 转换器	204
本章小结	206
习题	207
第 7 章 单片机应用系统的抗干扰技术	209
7.1 干扰源及其传播途径	210
7.1.1 干扰与噪声源	210
7.1.2 干扰的耦合及其传播	210
7.2 外部干扰	211
7.2.1 串模干扰	211
7.2.2 共模干扰	211
7.2.3 电源干扰	212
7.3 抗干扰措施	213
7.3.1 串模干扰的抑制	213
7.3.2 共模干扰的抑制	214
7.3.3 过程通道的抗干扰	215
7.3.4 电源与电网干扰的抑制	218
7.3.5 地线系统干扰的抑制	219
7.4 软件抗干扰	220
7.4.1 软件陷阱	220
7.4.2 软件看门狗	222
本章小结	224
习题	225
第 8 章 单片机应用系统的设计	227
8.1 单片机应用系统的结构与设计	228

8.1.1	一般硬件组成	228
8.1.2	设计内容	230
8.2	单片机应用系统的一般设计方法	231
8.2.1	确定系统的功能	231
8.2.2	确定系统的基本结构	232
8.2.3	单片机应用系统硬件、软件的设计原则	233
8.2.4	硬件设计	234
8.2.5	软件设计	235
8.2.6	资源分配	235
8.3	单片机应用系统的调试	236
8.3.1	调试工具	237
8.3.2	一般调试方法	238
8.4	单片机应用系统的设计实例	241
	本章小结	253
	习题	253
第9章	单片机的C语言应用程序设计	255
9.1	概述	256
9.2	C51的扩展	256
9.2.1	数据类型	257
9.2.2	存储器模式	259
9.2.3	指针	259
9.2.4	再入函数	260
9.2.5	中断函数	261
9.3	Keil 8051 开发工具简介	262
9.3.1	Keil 8051 简介	262
9.3.2	一个工程的创建	262
9.4	C51 应用程序设计	264
9.4.1	定时器应用	264
9.4.2	串行口应用程序	266
9.4.3	智能小车寻线控制系统	276
	本章小结	283
	习题	284
附录A	ASCII 码字符表	285
附录B	查询单片机相关资料的网址	286
参考文献		287

第 1 章

微型计算机基础

内容提要

本章主要讲述微型计算机的基础知识，共分三部分。第一部分是微型计算机概述，从硬件和软件上介绍了计算机的基础知识，主要包括微型计算机的硬件结构、微型计算机的软件、计算机中常用的数；第二部分是关于微型计算机中存储器和 I/O 接口的知识，介绍存储器的分类、堆栈的概念、I/O 接口的功能、数据传送的方式；第三部分简单介绍单片机的特点、应用、技术现状、发展趋势、应用系统的结构。

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；
- 存储器的分类；
- 堆栈的概念；
- I/O 接口的功能；
- 计算机和外部设备之间传送数据的方式；
- 单片机应用系统的结构。

教学建议

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 节，直接进入单片机的有关知识。建议学时为 4 学时。

1.1 概 述

1.1.1 计算机的特点与应用

计算机之所以能在现代社会中起着极其重要的作用，主要是由它的卓越性能决定的。

(1) 高速度：计算机能以人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：计算机能在程序的控制下，无需人的介入，可自动处理信息。

(3) 具有保存能力：计算机能保存大量的信息，一般计算机能在机内存储几万、几十万、几百万甚至几千万字节的信息。

(4) 具有逻辑判断能力：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) 高精度和高可靠性：用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。

自从 1946 年美国宾夕法尼亚大学研制了第一台计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 以来，计算机的发展经历了四个时代：电子管时代、晶体管时代、集成电路时代、大规模及超大规模集成电路时代。现代的计算机都是大规模集成电路计算机，具有功能强、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)，简称为单片机。由于单片机的重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)。随着计算机的发展，其应用更加广泛，一般有以下几方面的应用。

(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：利用计算机对大批量数据进行排序、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：计算机实时采集生产、交通等现场的信息并加以处理，然后输出命令控制现场，使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、自动灭火系统、智能仪器等。

(4) 计算机辅助设计：利用计算机部分代替人工进行机械、电路、房屋、服装等设计。

(5) 人工智能：人工智能就是用计算机模拟人类的智能，使计算机具有听、看、说及“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。

1.1.2 计算机的基本结构

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。

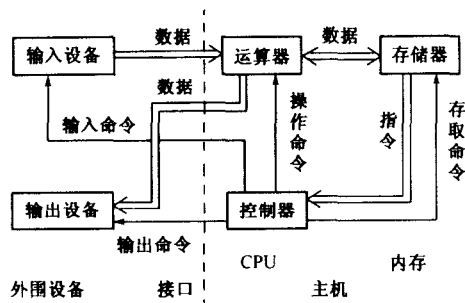


图 1-1 计算机的结构

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、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 CPU（Central Process Unit）。

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、控制器集成在一块硅片上，成为独立的器件，该器件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、控制逻辑部件和内部总线等组成。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，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/输出接口构成一台微型计算机才能工作。

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。

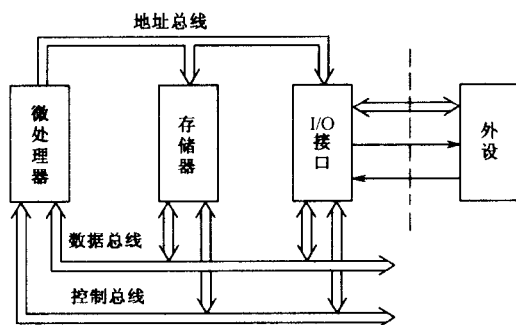


图 1-2 微型计算机的结构

（1）存储器

存储器是微型计算机的重要组成部分，计算机有了存储器才具备记忆的能力。

存储器是由许多存储单元组成的。存储单元中存放的是二进制数，8 位二进制数称为一个字节（Byte）。存储器的一个重要指标是容量。假如存储器有 256 个单元，每个单元存放 8 位二进制数，那么该存储器的容量为 256 字节，或 256×8 位。在容量较大的存储器中，存储容量以“KB”为单位，1KB 容量实际上是 2^{10} （1024）个存储单元。

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。

为了便于读、写操作，要对存储器所有单元按顺序编号，这种编号就是存储单元的地址。每个单元都拥有相应的惟一地址。地址要用二进制数表示，地址的二进制位数 N 与存储容量 Q 的关系： $Q=2^N$ ，见表 1-1。

表 1-1 二进制位数 N 与存储器容量 Q 的关系

二进制位数 N	存储容量 Q （字节）
8	256
10	1K
12	4K
13	8K
16	64K

（2）输入/输出接口

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 接口作为桥梁，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 1ms 左右，要使打印机与计算机同步工作，必须采用相应的接口电路芯片来协调与衔接。

（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，这就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出错。这就是说，如果有几块芯片需要输出信息，就必须分时传送。为了实现这个要求，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 发出的控制信号只接通一个发送信息芯片的缓冲器，同时还接通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，还可以提高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。

计算机元件级总线包括地址总线 AB (Address Bus)、数据总线 DB (Data Bus)、控制总线 CB (Control Bus) 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。16 条地址总线，最大寻址范围为 64KB。

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。

控制总线是用来传输控制信号的，传送方向视具体控制信号而定，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 接口电路以及简单的输入、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 接口电路集成在一块芯片上，称为单片微型计算机。

3. 微型计算机系统

以微型计算机为主体，配上输入/输出设备、外围设备、电源、系统软件一起构成应用系统，称为微型计算机系统。图 1-3 所示为微处理器、微型计算机、微型计算机系统三者的关系图。

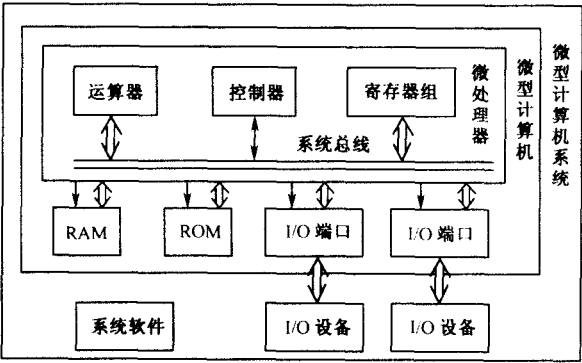


图 1-3 微处理器、微型计算机、微型计算机系统三者的关系图

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。计算机要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。

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
```

指令分为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“ADD A, #38”指令中，操作码 ADD 表示该指令执行加法操作；源操作数#38 表示参加运算的一个数据本身，#38 也称为立即数，目的操作数 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，而且规定运算结果放入目的操作数单元，即“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 $63+56+14=?$

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。

为了使机器能自动进行计算，要预先用输入设备将上述程序输入到计算机存放。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，加以译码和执行。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，可实现精细控制，因此特别适用于实时控制。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，用户必须对所使用机器的结构、原理和指令系统比较清楚才能编写出它的各种汇编语言程序，而且汇编语言不能通用于其他机器，这是它的不足之处。

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着眼于算法，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