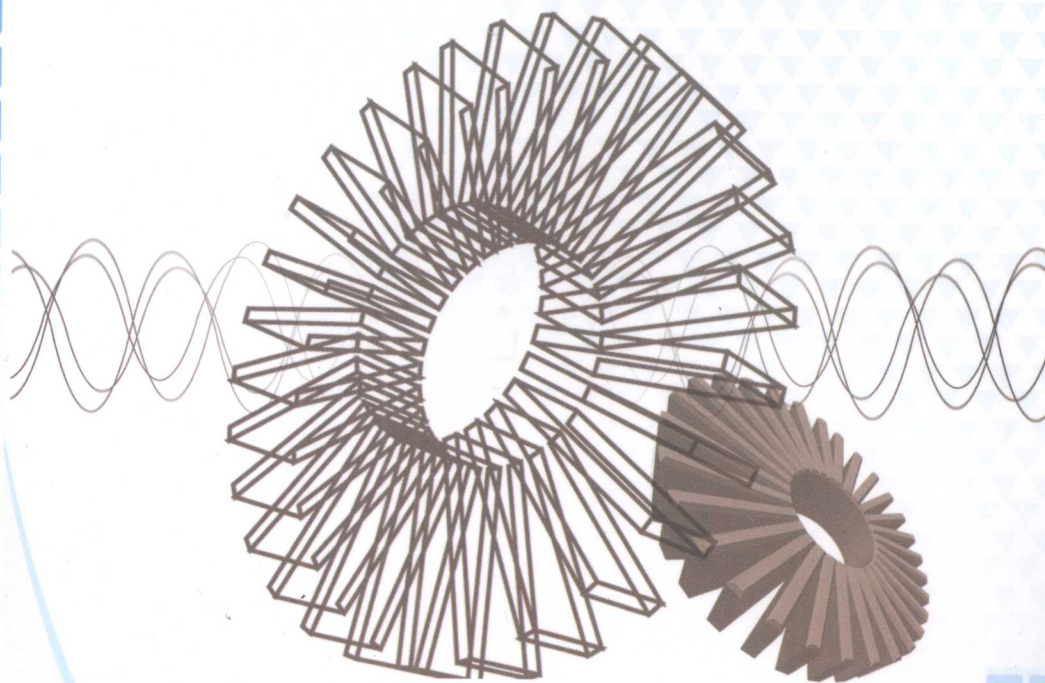




高职高专“十一五”机电一体化专业规划教材

# 单片微型计算机 原理及应用

赵广复 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

赠电子教案



高职高专“十一五”机电一体化专业规划教材

# 单片微型计算机原理及应用

主 编 赵广复  
副主编 康 莉 常秉坤  
参 编 刘邦先  
主 审 张有顺



机械工业出版社

本书是专门为高等职业技术教育教学编写的教材,在内容的编排上改变了许多同类教材中先集中讲硬件再讲软件的“套路”,采用硬件、软件同时讲,软硬件结合叙述的方法。全书共分12章,第1章是单片机的基础知识,第2~5章分别详细讲述了单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计和并行I/O口,第6~8章讲述单片机的中断系统、定时/计数器和串行口的组成和应用,第9章和第10章通过各种应用实例讲述了单片机的系统扩展和接口技术,第11章介绍单片机应用系统的开发设计,目的是让读者从基础知识到实际应用有个全面完整的掌握,第12章是单片机的实验指导。

本书内容系统,各知识点的阐述条理清楚,重点突出,符合高职学生的学习特点,语言既严密,又易学易懂。每章后都安排了适量的练习题,并配有教学电子教案,方便教师教学和学生课后练习提高。

本书可供高等职业学院、高等专科学校、成人高等学校的机电一体化、机电技术应用、自动化技术、应用电子技术等专业使用,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及应用/赵广复主编. —北京:机械工业出版社,2007.8  
高职高专“十一五”机电一体化专业规划教材  
ISBN 978-7-111-22146-3

I. 单… II. 赵… III. 单片微型计算机-高等学校:技术学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第124298号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)  
策划编辑:王海峰 责任编辑:王海峰  
版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧  
封面设计:马精明 责任印制:洪汉军  
北京京丰印刷厂印刷  
2007年9月第1版·第1次印刷  
184mm×260mm·12.5印张·309千字  
0 001—4 000册  
标准书号:ISBN 978-7-111-22146-3  
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  
销售服务热线电话:(010) 68326294  
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643  
编辑热线电话:(010) 68354423  
封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着单片机技术的飞速发展，单片机的应用不仅广泛涉及社会经济、军事、交通、通信等相关行业，而且也深入到家电、娱乐、艺术、社会文化等领域，无时无刻不在影响着人们的生活，使得单片机的学习、研究、应用成为一个热点，各高校也非常重视这门技术的教学，纷纷开设有关单片机的课程。

高等职业技术教育是我国高等教育中近几年发展起来的一种新的教育模式，以培养技术应用型人才为根本任务，以适应社会需求为目标，以培养技术应用能力为主线，教师在教学中如何来设计学生的知识结构、能力结构和素质结构就显得尤为重要，因此广大教师迫切需要有一本适合高职学生的得心应手的教材来施教，这也是编者从事多年高职教学的一个心愿。

高职教育的教材并不是本科教育教材的简单增删，也不是理论内容和实践内容的简单堆砌，关键在于理论的学习要能指导实践，实践是在理论指导下的实践。与以往的单片机方面的教材相比，本书具有如下特点：

1) 编写过程中，力求做到从基础着手，循序渐进。各知识点的阐述条理清楚，重点突出，符合高职学生的学习特点，语言既严密，又易学易懂。

2) 本书内容的取舍，旨在以高职高专人才培养目标为依据，充分反映多年来高职高专教学改革所坚持的“实用为主，够用为度”的大方向。

3) 本书在内容的编排上改变了众多教材中先集中讲硬件，再讲软件的“套路”，采用硬件、软件同时讲，软硬件结合叙述的方法，以提高学习效果。

4) 本书将教材与实验指导书合二为一，充分体现高职教学“应用为先”的人才培养特点。

5) 本书配有教学电子教案，方便教师教学和学生课后自学。

本书共分12章，第1章讲述单片机的基础知识，第2章讲述MCS—51单片机的基本硬件结构，第3章讲述MCS—51单片机的指令系统，第4章讲述MCS—51单片机的汇编语言程序设计，第5章讲述MCS—51单片机的并行I/O口，第6章讲述MCS—51单片机的中断系统，第7章讲述MCS—51单片机的定时/计数器及应用，第8章讲述MCS—51单片机的串行口，第9章讲述MCS—51单片机的系统扩展，第10章讲述MCS—51单片机的输入与输出接口，第11章讲述MCS—51单片机的应用系统设计，第12章讲述MCS—51单片机实验。

本书由赵广复任主编，康莉、常秉坤任副主编。各章编写分工如下：第1、5、6章由常秉坤编写，第2、3、4、7、10章由赵广复编写，第8、11、12章由康莉编写，第9章及全书的插图由刘邦先编写和绘制。本书由郑州大学工学院

#### IV

张有顺教授担任主审。

本书可供高等职业学院、高等专科学校、成人高等学校的机电一体化、机电技术应用、自动化技术、应用电子技术等专业使用，也可供有关工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到了许多同行、专家的关心和支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不足之处，敬请广大专家和读者不吝赐教。

编者

# 目 录

## 前言

第1章 单片机概述 .....	1
1.1 单片机 .....	1
1.2 单片机系统 .....	2
1.3 单片机技术的发展及应用 .....	2
1.4 MCS—51 系列单片机 .....	5
习题 .....	6
第2章 MCS—51 单片机的基本硬件 结构 .....	7
2.1 MCS—51 单片机内部总体结构 .....	7
2.2 MCS—51 单片机的引脚及片外 总线结构 .....	8
2.3 中央处理器 CPU .....	10
2.4 MCS—51 单片机的存储器 .....	13
2.5 MCS—51 单片机的复位 .....	20
习题 .....	20
第3章 MCS—51 单片机的指令 系统 .....	22
3.1 MCS—51 单片机的汇编语言指令格式 和符号简介 .....	22
3.2 MCS—51 单片机的寻址方式 .....	24
3.3 数据传送指令 .....	26
3.4 算术运算类指令 .....	32
3.5 逻辑运算与移位类指令 .....	37
3.6 控制转移类指令 .....	39
3.7 位操作类指令 .....	46
习题 .....	48
第4章 MCS—51 单片机的汇编语言 程序设计 .....	50
4.1 程序设计的步骤 .....	51
4.2 MCS—51 单片机汇编语言的伪指令 .....	51
4.3 汇编语言程序设计 .....	54

4.4 综合编程举例 .....	62
习题 .....	65

第5章 MCS—51 单片机的并行 I/O 口 .....	66
5.1 P0 ~ P3 端口的功能和内部结构 .....	66
5.2 编程举例 .....	69
习题 .....	71

第6章 MCS—51 单片机的中断 系统 .....	72
6.1 中断的基本概念 .....	72
6.2 MCS—51 单片机的中断系统 .....	73
6.3 中断处理过程 .....	76
6.4 中断程序举例 .....	79
6.5 外部中断源的扩展 .....	81
习题 .....	82

第7章 MCS—51 单片机的定时/ 计数器 .....	83
7.1 单片机的定时方式概述 .....	83
7.2 单片机的定时/计数器结构及 基本原理 .....	83
7.3 定时/计数器的控制 .....	84
7.4 定时/计数器的工作模式 .....	86
7.5 长定时的解决办法 .....	92
习题 .....	93

第8章 MCS—51 单片机的串行口 .....	95
8.1 串行通信基础 .....	95
8.2 MCS—51 单片机串行口的结构和 工作原理 .....	101
8.3 MCS—51 单片机串行口的控制 寄存器 .....	103
8.4 MCS—51 单片机串行口的工作 方式 .....	104
习题 .....	113

## 第9章 MCS—51 单片机的系统

扩展 ..... 114

9.1 系统总线及总线构造 ..... 114

9.2 程序存储器的扩展 ..... 115

9.3 数据存储器的扩展 ..... 119

9.4 并行 I/O 端口的扩展 ..... 121

习题 ..... 130

## 第10章 MCS—51 单片机的输入与输出

接口 ..... 131

10.1 键盘输入 ..... 131

10.2 键盘设计 ..... 132

10.3 LED 显示器及接口 ..... 138

10.4 A/D 转换器接口及应用 ..... 142

10.5 D/A 转换器接口及应用 ..... 146

习题 ..... 150

## 第11章 MCS—51 单片机应用系统

设计 ..... 151

11.1 单片机应用系统的设计过程 ..... 151

11.2 单片机巡回检测系统举例 ..... 156

习题 ..... 170

## 第12章 MCS—51 单片机实验指导 ..... 171

实验一 程序设计 ..... 171

实验二 P1 口实验 ..... 172

实验三 定时器实验 ..... 175

实验四 串并转换实验 ..... 178

实验五 串行口通信实验 ..... 179

实验六 8155 键盘和显示接口实验 ..... 180

附录 ..... 185

附录 A ASCII 表 ..... 185

附录 B MCS—51 单片机指令速查表 ..... 185

附录 C 单片机仿真调试集成软件包

WAVE 的使用 ..... 189

参考文献 ..... 194

# 第 1 章 单片机概述

## 本章要点

- 单片机的定义
- 单片机的硬件和软件系统
- 单片机的发展及应用领域
- MCS—51 单片机系列

## 本章难点

- 单片机系统

## 1.1 单片机

微型计算机是在 20 世纪 70 年代初期,随着大规模集成电路的发展而出现的高新技术。微型计算机的飞速发展使计算机的应用普及成为现实,它已广泛应用于生产生活的各个领域,并对经济和社会的发展产生了极大的影响。

随着计算机技术的发展,计算机的应用领域日渐广泛,不同应用领域对计算机的要求也各不相同,如手机、数码相机、银行点钞机等,对其控制系统的体积、成本、功耗要求十分苛刻,这是普通微型计算机所不能及的,为此人们研制出了单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。

### 1.1.1 单片机的定义

单片微型计算机,简称单片机,是在一块芯片上集成了中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、随机存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Read Only Memory)、中断系统、定时/计数器和多种 I/O 端口(Input/Output Ports)的不带外部设备的超微型计算机。

从定义来看,单片机具有计算机系统的基本属性,它应属于微型计算机的一个分支。

单片机常用于控制装置,因此在国际上也普遍称之为 MCU(Micro Controller Unit),即微控制器,又因为它在应用时作为核心部分嵌入到被控系统中,可称其为嵌入式微控制器 EMCU(Embedded Micro Controller Unit)。

### 1.1.2 单片机的分类

单片机分为通用型和专用型两大类。

通用型单片机是一种基本芯片,它的内部功能及可用资源丰富,可涵盖多种用途,用户可根据需要设计成各种不同的计算机控制系统,即要有一个再设计的过程,通常所说的和本书所介绍的单片机都是指通用型单片机。

专用型单片机也叫专用微处理器,是专门针对某个特定产品而设计的,如数码相机、手



机、洗衣机功能控制器、空调控制器、IC 卡读写器、银行点钞机中应用的单片机。由于专用型单片机是针对某一特定的需求设计的，所以各方面均经过最优化的考虑，具有十分明显的综合优势。在大批量产品的生产中，各种专用单片机芯片的开发将会越来越多。

通用型单片机有各种各样的系列型号，专用型单片机有各种各样的专门化产品，但是万变不离其宗，它们的结构和原理均建立在同一个基础上，所以我们选定一种通用型单片机进行全面深入的学习。

## 1.2 单片机系统

一个完整的计算机系统是由硬件系统和软件系统两部分组成的，单片机也不例外，不同的是单片机仅仅集成了计算机系统的基本组成部分，还有部分电路在芯片外以分立元件（如石英晶体、电容）组成。此外，在实际应用中应根据不同的功能需求，扩展外部电路，连接输入、输出设备等。

我们把在实际应用中，以单片机芯片为核心组建的一个能完成某种具体功能的硬件组合实体，称为单片机的硬件系统。单片机的硬件系统仅仅为单片机的应用提供了物质基础，它必须在人们编制的软件控制下才能完成预定的任务（硬件系统与软件系统的关系正如人的躯体和大脑神经系统一样）。

所谓软件，是相对硬件而言的，是指由计算机硬件执行，用来完成一定任务的所有程序和数据的集合。计算机软件系统包括系统软件和应用软件两大类，但单片机的软件系统比较简单，它不需要复杂的操作系统来进行系统管理，只有用于管理单片机系统工作的管理程序和用于完成实际具体任务的应用程序。

单片机本身无编制程序的能力，常常需要借助微型计算机和相应的软件开发工具来编制。单片机的系统开发语言有机器语言、汇编语言和高级语言（如 C 语言）三种，其中汇编语言和高级语言是目前较常用的编程方式。至于如何编制源程序，又如何汇编或编译，详见本书的第 3 章、第 4 章。

## 1.3 单片机技术的发展及应用

### 1.3.1 单片机技术的发展历史

单片机出现的历史并不长，它的产生与发展和微处理器的产生与发展大体上同步。世界上一些著名的半导体厂商大多生产单片机，美国 Intel 公司是最早推出单片机的公司之一。下面我们以 Intel 公司的产品为例来介绍单片机的发展历史。

单片机的发展大致经历了五个阶段：

第一阶段（1971~1974 年）：美国 Intel 公司在 1971 年 11 月推出了 4 位微处理器 Intel 4004，内含随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM，构成了第一台 MCS—4 微型计算机。1972 年 4 月，Intel 公司又推出了功能较强的 8 位微处理器 Intel 8008。在此期间，Fairchild 公司也推出了 F8 微处理器。这些微处理器虽说还不是单片机，但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段（1974~1978 年）：初级单片机阶段。以 Intel 公司 MCS—48 为代表，这个系

列的单片机内集成有 8 位 CPU、I/O 接口、8 位定时/计数器，寻址范围不大于 4KB，无串行接口。

第三阶段（1978~1983 年）：高性能单片机阶段。这一阶段的单片机普遍带有串行 I/O 接口，有多级中断处理系统、16 位定时/计数器。芯片内 RAM、ROM 容量加大，寻址范围可达 64KB，有的芯片内还带有 A/D 转换器接口。这类单片机以 Intel 公司的 MCS—51 单片机为代表，这类单片机的应用领域广泛，其各类产品是目前国内、外产品的主流。

第四阶段（1983~1990 年）：8 位单片机的巩固和 16 位单片机的推出时期，也是单片机向微控制器发展的阶段。此阶段的主要特征是：一方面发展 16 位单片机及专用单片机，另一方面不断完善高档 8 位单片机，以满足不同用户的需求。Intel 公司推出的 MCS—96 系列单片机，将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入芯片中，体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS—51 系列单片机的广泛应用，许多电气厂商竞相使用 80C51，以此为内核，将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中，增强了外围电路的功能，强化了智能控制的特征。

第五阶段（1990 年至今）：微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面、深入地发展和应用，出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机，以及小型低价的专用型单片机。

### 1.3.2 单片机技术的发展趋势

目前，单片机正朝着高性能化、大容量、微型化、外围电路内装化等方向发展。

#### 1. CPU 的改进

(1) 采用双 CPU 结构 以提高处理速度和处理能力，如 Rockwell 公司的 R65C29 单片机采用了双 CPU 的结构，其中每个 CPU 都是增强型 R6502。

(2) 增加数据总线宽度 以提高数据处理速度和处理能力，例如 NEC 公司的 Mpd-7800 系列单片机将算术/逻辑运算部件 ALU 做成一个 16 位运算部件，内部采用 16 位数据总线，因此它的处理能力明显优于一般的单片机。

(3) 采用流水线结构 指令以队列形式出现在 CPU 中，从而具有很高的运算速度，如 Sharp 公司的 SM—812 单片机。有的单片机甚至采用了多流水线结构，因而具有极高的运算速度，这类单片机的运算速度要比标准的单片机高出 10 倍以上，尤其适合作实时数字信号处理用。

(4) 串行总线结构 飞利浦公司开发了一种新型 I<sup>2</sup>C 总线 (Intel—ICBUS)，该总线采用 3 条数据线代替现行的 8 位数据总线，从而大大减少了单片机的引线，降低了单片机的成本，特别适用于电子仪器的微型化。

#### 2. 存储器的发展

(1) 增大存储容量 新型单片机片内 ROM 一般可达 4~8KB，有的甚至可达 128KB，片内 RAM 可达 256KB。片内存储器存储容量的增大有利于外围扩展电路的简化，从而提高产品的稳定性，降低产品的成本。

(2) 片内 EPROM 开始 E<sup>2</sup>PROM 化 片内 EPROM 由于需要高压编程写入、紫外线擦抹删除，故存在诸多不便。采用电改写的 E<sup>2</sup>PROM 后不需紫外线擦抹，就可重新写入。特

别是能在 +5V 下读写的 E<sup>2</sup>PROM, 既有静态 RAM 读写操作简便的优点, 又有 ROM 在掉电时数据不会丢失这一优点。片内 E<sup>2</sup>PROM 的使用不仅会对单片机的结构产生影响, 而且会大大简化应用系统的组成结构, 从而提高产品的稳定性, 降低产品的成本。同时, 由于数据写入 E<sup>2</sup>PROM 中能永久保存, 因此有的单片机将它作为片内 RAM 使用, 甚至有的单片机将 E<sup>2</sup>PROM 作为片内通用寄存器使用。

(3) 程序保密化 一般 EPROM 中的程序很容易被复制, 为防止复制, 某些公司开始采用 KEPROM (Keyed access EPROM) 编程写入, 对片内 EPROM 或 E<sup>2</sup>PROM 采用加锁方式, 加锁后无法读出其中的程序, 可防止应用程序被抄袭。

### 3. 片内 I/O 接口的改进

一般单片机都有较多的并行口, 以满足外围设备、芯片扩展的需要, 并配有串行口, 以满足多机通信功能的需要。

(1) 提高并行口的驱动能力 这样可减少外围驱动芯片, 有的单片机能直接输出大电流和高电压, 以便能直接驱动 LED 和 VFD 等。

(2) 增加 I/O 的逻辑控制功能 中高档单片机的处理系统能够对 I/O 口线进行位寻址及位操作, 加强 I/O 口线控制的灵活性。

(3) 特殊的串行接口功能 此功能可为单片机构成网络系统提供更便利的条件。

### 4. 外围电路内装化

随着集成电路集成度的不断提高, 可以把众多的外围功能电路集成到单片机芯片内。除了一般必须具备的 ROM、RAM、定时/计数器、中断系统外, 为适应检测、强化控制功能, 片内集成的部件还可有 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、中断控制器、锁相环、频率合成器、字符发生器、声音发生器、CRT 控制器、译码驱动器等。由于集成工艺在不断改进和提高, 能集成于片内的外围电路也可以是大规模的。把所需的外围电路全部集成到单片机内, 即系统的单片化是目前单片机发展的重要趋势。

### 5. 低功耗化

8 位单片机中有半数以上已 CHMOS 化, CHMOS 单片机具有功耗小的特点。为了充分发挥低功耗的优点, 这类单片机普遍设置有空闲和掉电两种工作方式。如采用 CHMOS 工艺的 MCS-51 系列单片机 80C31/87C51 在正常运行时 (5V, 12MHz), 工作电流为 16mA, 同样条件下, 以空闲方式工作时, 工作电流为 3.7mA, 而以掉电方式工作 (2V) 时, 工作电流仅为 50nA。

## 1.3.3 单片机技术的应用

目前单片机的应用已深入到国民经济的各个领域, 凡是有自动控制要求的地方, 都会有单片机的使用。单片机的应用有利于系统的小型化, 对各个行业的技术改造和产品的更新换代起到了重要的推动作用。由于单片机具有独特的优点, 所以它已成为科技领域的有力工具, 人类生活的得力助手。

### 1. 单片机在智能仪器仪表中的应用

单片机广泛地应用于实验室、交通运输工具、计量等各种仪器仪表, 使仪器仪表智能化, 提高它们的测量速度和测量精度, 加强控制功能, 简化仪器仪表的硬件结构, 以便于使用、维修和改进, 如电度表校验仪, 电阻、电容、电感测量仪, 船舶航行状态记录仪, 烟叶

水分测试器, 智能超声测厚仪等。单片机在该领域的应用, 不仅使传统的仪器仪表发生了根本性的变革, 也给传统仪器仪表行业的改造带来美好前景。

### 2. 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的重要方面, 机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体, 具有智能化特征的机电产品, 如微机控制的铣床、钻床、车床、磨床等, 使得机械零件的超精密加工成为现实。单片机的出现促进了机电一体化发展进程, 它作为机电产品的控制器, 能充分发挥它体积小、可靠性高、控制能力强、现场安装灵活方便等特点, 可大大提升机器的性能, 提高机器的精度、自动化和智能化水平。

### 3. 单片机在实时控制领域中的应用

单片机也可广泛地应用于各种实时控制系统, 比如将测量技术和自动控制技术结合, 能充分发挥数据处理和实时控制功能, 使系统工作于最佳状态, 提高系统的生产效率和产品的质量, 在航空航天、通信、遥控、遥测、工业机器人控制等各种实时控制和实时数据采集系统中都可以用单片机做控制器。

### 4. 单片机在军工领域中的应用

利用可靠性高、适用温度范围广、适应各种恶劣环境的特点, 单片机可广泛应用于导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装备、航天飞机巡航系统等领域。

### 5. 单片机在分布式多机系统中的应用

分布式多机系统具有功能强、可靠性高的特点, 利用单片机可以构成分布式测控系统, 系统中有若干台由单片机组成的功能各异的仪器设备, 它们通过通信相互联系协调完成整个任务, 能同时采集或处理更多的信息, 使单片机的应用进入一个新的水平。

### 6. 单片机在民用电子产品中的应用

自从单片机诞生那一刻起, 它就步入了家电领域, 如洗衣机、电冰箱、空调器等电子产品, 家用电器配上单片机以后, 提高了智能化程度, 增加了功能, 使生活更加方便、舒适、丰富多彩, 受到了用户青睐。

单片机广泛应用的意义在于它正从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法, 以前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能, 现在可使用单片机通过编制程序来实现, 这种以软件取代硬件, 并能提高系统性能的微电脑控制技术是对传统控制技术的一种革命。

## 1.4 MCS—51 系列单片机

单片机品种繁多, 就其应用情况看, 功能最强的 16 位机属日立公司的 H8/3048 系列, 8 位机属 Intel 公司的 MCS—51 系列。MCS—51 系列的市场占有率最高, 世界上很多知名的 IC 生产厂家都生产与之兼容的芯片, 到目前为止, MCS—51 系列单片机已有数百个品种, 而且还在不断地推出功能更强的新产品, 所以本书主要以 MCS—51 系列单片机为研究对象, 介绍其内部的硬件结构、指令、工作原理及系统设计。

根据内部资源配置的不同, MCS—51 系列单片机可分为两个子系列和四种类型。根据资源配置的数量 MCS—51 系列分为 51 和 52 两个子系列, 其中 51 子系列是基本型, 52 子系列是增强型, 以芯片型号最末位数字的“1”和“2”作为标志。从单片机内部程序存储器

的配置情况看，MCS—51 系列单片机可分为四种类型：无片内程序存储器、有片内掩模只读存储器（称 ROM 或 Mask ROM）、有紫外线擦除可编程只读存储器（称 EPROM 或 OTP-ROM）、有电擦除可编程只读存储器（称 EEPROM 或 Flash ROM），分类情况见表 1-1。

表 1-1 MCS—51 系列单片机分类

系列	型 号	片内存储器		片外存储器寻址范围		I/O 接口线		中断源 (个)	定时/计数器 (个×bit)
		ROM	RAM	RAM	ROM	并行(bit)	串行		
51 子 系 列	8031, 80C31	无	128B	64KB	64KB	32	UART	5	2×16
	8051, 80C51	4KB ROM							
	8751, 87C51	4KB EPROM							
	8951, 89C51	4KB EEPROM							
52 子 系 列	8032, 80C32	无	256B	64KB	64KB	32	UART	6	3×16
	8052, 80C52	8KB ROM							
	8752, 87C52	8KB EPROM							
	8952, 89C52	8KB EEPROM							

在制造上，MCS—51 系列单片机按两种工艺生产，一种是 HMOS 工艺，另一种是 CHMOS 工艺，CHMOS 工艺是 CMOS 和 HMOS 的结合，既保持了 HMOS 高速度和高密度的特点，又具有 CMOS 低功耗的特点。在产品型号中凡是不带字母“C”的即为 HMOS 芯片，而带有字母“C”芯片即为 CHMOS 芯片，如 80C31、80C51、87C51、89C51 等。

其他与 51 系列单片机兼容的单片机有 AT89 系列，它是美国 ATMEL 公司的 8 位内含 Flash 存储器的单片机产品，它以 MCS—51 为内核，与 MCS—51 系列的软、硬件兼容。Flash 存储器是一种可以电擦除和电写入的闪速存储器（Flash ROM），它可使开发调试更为方便。

## 习 题

1. 什么是单片机？
2. 什么单片机系统？单片机的硬件系统与软件系统有何关系？
3. 单片机主要应用于哪些领域？举出几个在生产和生活的各个领域中使用单片机的例子。
4. MCS—51 系列单片机主要有哪一些产品？

## 第2章 MCS—51 单片机的基本硬件结构

### 本章要点

- 单片机的内部结构、引脚功能和片外三总线
- CPU 的组成和指令的执行过程
- 时序与时序定时单位
- 单片机内部存储器结构及地址空间
- 堆栈及存储特性
- 单片机的复位电路及复位后的状态

### 本章难点

- 单片机内部存储器结构及地址空间

### 2.1 MCS—51 单片机内部总体结构

首先要说明的是，对单片机硬件结构的学习，重点应放在其应用特性和外部特性上。也就是说，要站在应用者的立场上，去分析单片机向我们提供了哪些功能资源，我们又如何用它来完成某种特定任务，因此在学习时通常要掌握单片机与程序设计、系统硬件设计及实际应用有关的内容。

MCS—51 单片机的内部总体结构如图 2-1 所示。

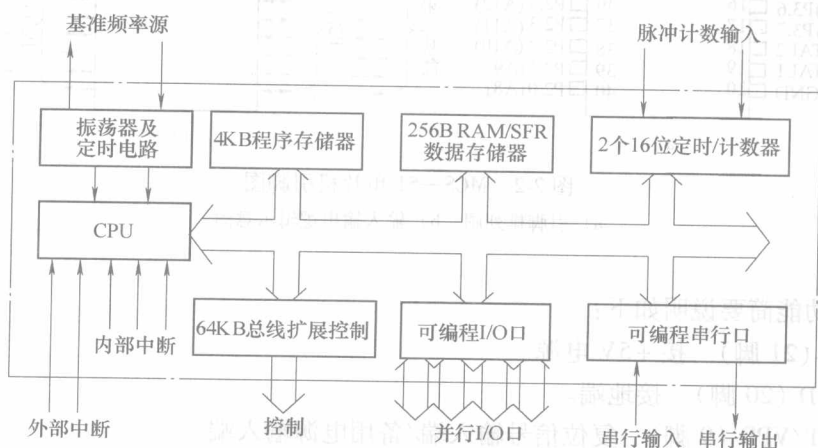


图 2-1 MCS—51 单片机内部结构框图

由图可知，MCS—51 单片机主要由 8 个功能部件通过片内总线连接而成：8 位的中央处理器（CPU）、4KB 的程序存储器（ROM）、256B 的数据存储器（RAM）、2 个 16 位的定时/计数器（T0 和 T1）、4 个 8 位可编程的并行 I/O 口（P0 口 ~ P3 口）、串行端口、中断系统

(允许 5 个中断源)、特殊功能寄存器 (SFR)。

以上这些部件在后续章节中将分别展开叙述, 其中 CPU 是单片机内部最核心的部分, 它是单片机的大脑和心脏, 主要功能是产生各种控制信号, 控制存储器、输入/输出端口的数据传送、数据的算术运算以及位操作处理等。

## 2.2 MCS—51 单片机的引脚及片外总线结构

HMOS 工艺的 MCS—51 单片机通常采用的是双列直插 40 脚封装 (DIP)。CMOS 工艺的除采用 DIP 封装外, 还采用方形封装形式, 有 44 个引脚, 其中 4 个 NC 为空引脚。由于受到引脚数目的限制, 不少引脚有两种功能, 在以下的功能介绍中, 用“/”区分。

### 2.2.1 MCS—51 单片机的引脚功能

MCS—51 系列单片机的引脚图如图 2-2 所示, 其中图 2-2a 是引脚排列图, 图 2-2b 是输入输出逻辑示意图。

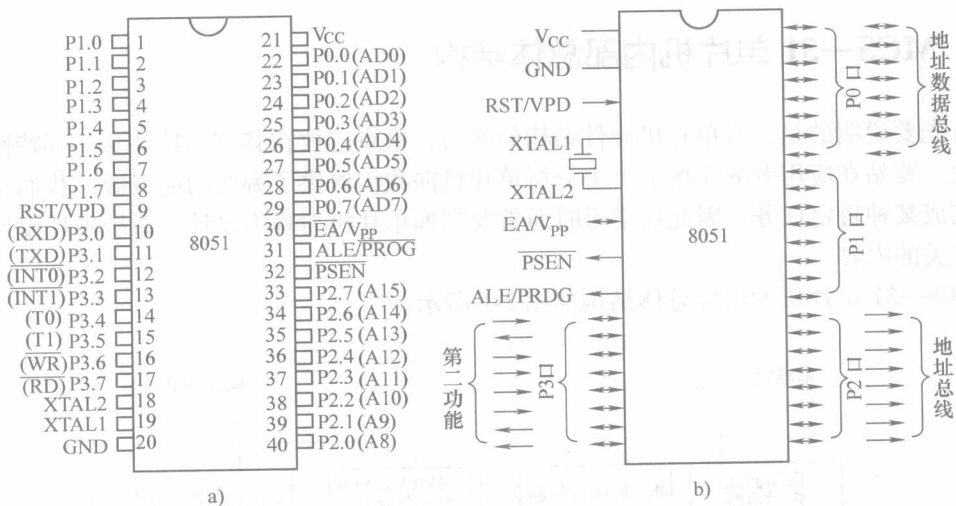


图 2-2 MCS—51 单片机引脚图  
a) 引脚排列图 b) 输入输出逻辑示意图

各引脚功能简要说明如下:

- (1) V<sub>CC</sub> (21 脚) 接 +5V 电源。
- (2) GND (20 脚) 接地端。
- (3) RST/VPD (9 脚) 复位信号输入端/备用电源输入端。

单片机刚接上电源时, 其内部各寄存器处于随机状态, 在该引脚上输入两个机器周期的高电平将使单片机复位。复位电路结构和方法详见本章 2.5 节。

V<sub>CC</sub> 掉电期间, 此引脚可接上备用电源 (即接 +5V 备用电源), 一旦芯片在使用中 V<sub>CC</sub> 电压突然下降或掉电, 能保护片内 RAM 中的信息不丢失, 使单片机复电后能继续正常运行。

(4)  $\overline{EA}/V_{PP}$  (30 脚) 读片内、片外程序存储器选择端/片内 EPROM 编程时电压输入端。

当  $\overline{EA}$  脚接入高电平时, CPU 可访问片内程序存储器的 4KB 地址空间, 当 PC (程序计数器) 的值为 1000H ~ FFFFH 时, 则自动转向执行片外程序存储器; 当  $\overline{EA}$  脚接低电平时, 则只能访问片外程序存储器, 不论片内是否有程序存储器, 因此在使用如 8031 的单片机时,  $\overline{EA}$  脚只能接地。

该引脚的第二功能是作 EPROM 的编程电压输入端。对于有 EPROM 的单片机 (如 8751), 在对 EPROM 编程期间, 可在该引脚接入 +21V 的编程电压。

(5) XTAL1 (19 脚) 芯片内部振荡电路的输入端。

XTAL2 (18 脚) 芯片内部振荡电路的输出端。

在使用单片机内部的振荡电路时, 通过这两个引脚跨接晶体振荡器和微调电容形成反馈电路, 就构成了稳定的自激振荡器。振荡频率范围通常是 1.2 ~ 12MHz, 当然晶体振荡频率越高, 则系统的时钟频率越高, 单片机的运行速度也就越快。

这两个引脚也可以引入外部脉冲信号作为单片机的振荡脉冲, 这时 XTAL2 为外部振荡信号的输入端, XTAL1 接地。

(6)  $\overline{PSEN}$  (32 脚) 读片外程序存储器选通信号输出端。

在对片外程序存储器取指操作时,  $\overline{PSEN}$  置有效 (低电平), 在对片内程序存储器取指操作时,  $\overline{PSEN}$  置无效 (高电平)。对外部取指,  $\overline{PSEN}$  在每个机器周期内两次有效, 但在此期间, 每当访问片外数据存储器时, 这两次有效信号将不出现。

(7) ALE/PROG (31 脚) 低 8 位地址锁存允许信号输出端/编程脉冲输入引脚。

MCS—51 单片机可寻址 64K, 共有 16 条地址线, 其中低 8 位的地址线与数据线共用 P0 口, 在发出低 8 位的地址信号时, ALE 有效, 用它来控制外部锁存器锁存地址低 8 位。发出数据时, ALE 无效, P0 口传输数据。

该引脚第二功能是在对片内 EPROM 编程时作为编程脉冲输入引脚。

(8) 并行双向 I/O 口引脚 8051 单片机有 4 个 8 位双向输入/输出端口, 每个端口既可以按字节输入输出, 也可以按位进行输入输出。每个端口占 8 个引脚, 共 32 个引脚。在每个端口中都包含一个锁存器 (特殊功能寄存器)、一个输出驱动器和输入缓冲器。通常将这 4 个端口笼统地称为 P0 口、P1 口、P2 口、P3 口。

1) P0 口的 P0.0 ~ P0.7 引脚 (22 ~ 29 脚), 既可以作为输入/输出端口使用, 又可以在访问外部存储器和 I/O 设备时作为地址/数据总线使用。在作为地址/数据总线使用时, 低 8 位地址与 8 位数据分时使用 P0 口, 低 8 位地址由 ALE 控制信号的下跳沿使它锁存到外部地址锁存器中。

2) P1 口的 P1.0 ~ P1.7 引脚 (1 ~ 8 脚), 唯一的一个单功能口, 只能作为通用的数据输入/输出口。

3) P2 口的 P2.0 ~ P2.7 引脚 (40 ~ 33 脚), 既可以作为通用输入/输出口使用, 又可以在访问外部存储器和 I/O 设备时作为高 8 位地址线, 与 P0 口的低 8 位地址线一起构成 16 位的地址总线。

4) P3 口的 P3.0 ~ P3.7 引脚 (10 ~ 17 脚), 具有两种功能的端口, 第一功能是通用的输入/输出口, 作为第二功能使用时, 各引脚定义如下:



P3.0: RXD (串行口输入)

P3.1: TXD (串行口输出)

P3.2:  $\overline{\text{INT0}}$  (外部中断0 请求输入)

P3.3:  $\overline{\text{INT1}}$  (外部中断1 请求输入)

P3.4: T0 (定时/计数器0 外部计数脉冲输入)

P3.5: T1 (定时/计数器1 外部计数脉冲输入)

P3.6:  $\overline{\text{WR}}$  (片外数据存储器写选通信号输出)

P3.7:  $\overline{\text{RD}}$  (片外数据存储器读选通信号输出)

## 2.2.2 MCS—51 单片机的片外三总线结构

通过上面的学习可以看出,单片机的引脚中除了电源  $V_{CC}$ 、接地端 GND、复位端 RST、晶振接入端 XTAL1、XTAL2 和通用的 I/O 口 P1 外,其余的引脚都是为了实现单片机的系统扩展(在单片机的片内资源不够用时,增加存储器容量、增加 I/O 端口数量、增加所需的特殊 I/O 接口)而设计的,这些引脚构成了单片机系统的片外三总线,如图 2-3 所示。

(1) 地址总线 AB (Address Bus) 共有 16 位地址线 A0 ~ A15,其中高 8 位地址线 A8 ~ A15 由 P2 口提供,低 8 位地址线 A0 ~ A7 由 P0 口经地址锁存器提供。由于地址总线共有 16 位,所以片外存储器寻址空间可达 64KB。

(2) 数据总线 DB (Data Bus) 共有 8 位数据线 D0 ~ D7,全由 P0 口提供。P0 口是分时复用口,分时传送低 8 位地址(通过地址锁存器锁存)和 8 位数据信息。

(3) 控制总线 (Control Bus) 控制总线由 P3 口的第二功能  $\overline{\text{WR}}$ 、 $\overline{\text{RD}}$  和 3 根独立的控制总线  $\overline{\text{EA}}$ 、ALE、PSEN 组成。

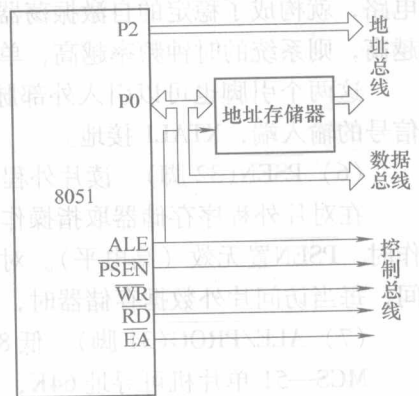


图 2-3 系统总线构造结构图

## 2.3 中央处理器 CPU

CPU 是单片机内部最核心的部分,它是单片机的大脑和心脏,主要功能是产生各种控制信号,控制存储器、输入/输出端口的数据传送、数据的算术运算以及逻辑运算处理等。

### 2.3.1 CPU 的组成

CPU 由运算器、控制器、若干特殊功能寄存器和时钟电路组成。

运算器包括算术逻辑运算单元 ALU (Arithmetic and Logic Unit)、位处理器、累加器 A、寄存器 B、暂存寄存器及程序状态寄存器 PSW 等。运算器不仅可以实现 8 位数据的加、减、乘、除、增量、减量、十进制调整、比较等算术运算,还可以进行与、或、异或、求补等逻辑运算,同时还具有一般计算机不具备的位处理功能,对位变量进行置位、清 0、求补等操作。