

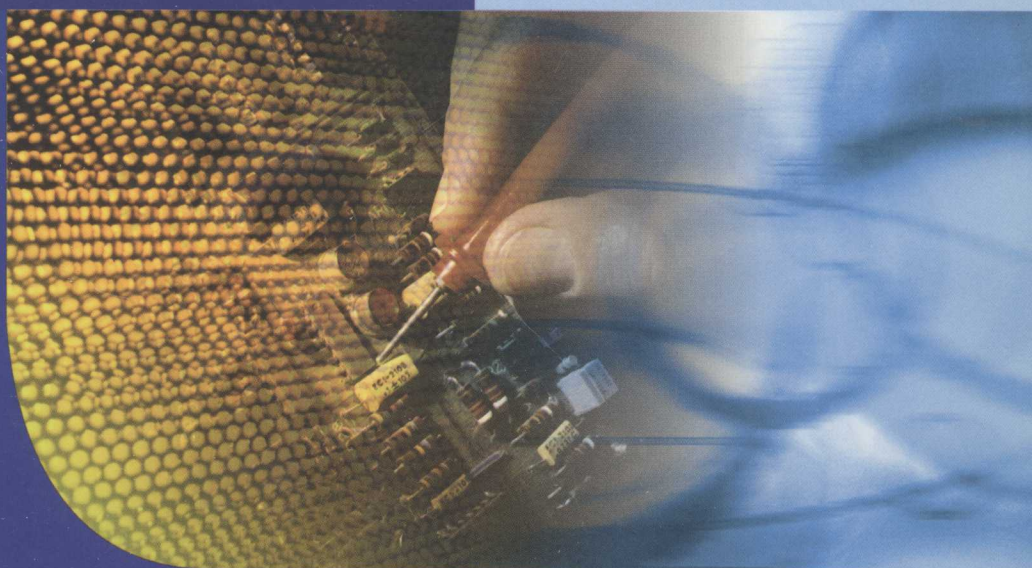


普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

# 单片机 原理及应用

◎ 娄国焕 主编

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG



免费电子课件



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



NUAA2011063309

TP368  
1811-4

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

# 单片机原理及应用

主 编 娄国焕  
副主编 迟耀丹 曾 屹 杨汉生  
参 编 杨 佳  
主 审 项新建



机械工业出版社

2011063309

本书详细介绍了 MCS-51 系列单片机硬件结构、组成原理、指令系统、汇编语言程序设计、各种硬件接口设计,包括中断系统、定时/计数器、I/O 扩展、显示器和键盘接口、A/D 及 D/A 转换技术,最后介绍了单片机集成开发环境 Keil  $\mu$ Vision3,并通过几个工程应用实例详细介绍了单片机应用系统的开发过程以及汇编语言程序设计技巧。

本书注重内容的实用性、典型性,结构清晰,循序渐进,具有理论和实践紧密结合的特点,并在每章后附有习题,供读者练习。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、计算机及相关专业的教材,也可作为其他专业和从事单片机应用系统开发的工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/娄国焕主编. —北京:机械工业出版社,2011.8  
普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材  
ISBN 978 - 7 - 111 - 35520 - 5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 154561 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:王雅新 责任编辑:王雅新 王小东 常建丽  
版式设计:霍永明 责任校对:陈秀丽  
封面设计:张 静 责任印制:杨 曦  
北京京丰印刷厂印刷  
2011 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷  
184mm×260mm·15.25 印张·373 千字  
标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 35520 - 5  
定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

0088801105

# 前 言

单片机作为微型计算机的一个重要分支,已广泛应用到工业控制、智能仪器和家用电器等各个领域,特别是 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机,由于其集成度高、处理功能强、结构简单、可靠性高、价格低廉等一系列特点,已成为应用系统开发的首选单片机之一。随着单片机技术的日益成熟和广泛应用,单片机技术已成为工科学生,特别是电类学生必须掌握的一门专业技术。本书以 MCS-51 系列单片机为对象,全面翔实地介绍了 MCS-51 系列单片机的组成结构、工作原理和接口技术,具有较强的技术性和实用性。

全书共分 10 章。第 1、2 章介绍了单片机的基本概念、MCS-51 系列单片机的硬件结构;第 3、4 章介绍了 MCS-51 系列单片机指令系统和汇编语言程序设计;第 5~8 章介绍了 MCS-51 系列单片机的中断系统、定时/计数器和各种 I/O 接口芯片的组成及应用;第 9 章介绍了单片机系统的开发与设计,并通过实例进行说明;第 10 章通过几个应用实例介绍了单片机应用系统的开发过程和程序设计方法。

参加本书编写的教师多年从事计算机原理和单片机原理与应用的教学工作,并参与了多项实际应用课题的研发工作,积累了大量的理论与实践经验,为编写本书打下了坚实的基础。同时,本书理论部分的叙述简单、明了,力求保持内容的系统性和完整性,做到深入浅出、循序渐进,更重要的是教材中的实例完全取材于实际应用,突出实例的实用性和完整性,同时对开发单片机系统应注意的问题给予说明,使读者便于掌握单片机的基本特性和应用技巧。

为了便于读者对教材内容的理解和掌握,每章的最后都附有一定量的习题,帮助读者巩固所学内容。

本书第 1、2、4 章由迟耀丹编写,第 3 章由娄国焕编写,第 5 章由杨佳编写,第 6、7 章由杨汉生编写,第 8~10 章由曾屹编写。全书由娄国焕统稿。

本书的编写得到安徽省 2009 年度质量工程项目“以创业教育为导向的自动化专业人才培养模式创新实验区”和 2010 年安徽省级教研项目(20100971)的资助。

本书的编写参考了同行大量的研究成果,在此表示衷心的感谢!

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者给予批评、指正。

编 者

# 目 录

前言	
第1章 概述	1
1.1 单片机的定义和特点	1
1.1.1 微型计算机系统	1
1.1.2 单片机的基本概念	1
1.1.3 单片机的特点	1
1.2 单片机的发展概况	2
1.3 单片机的应用特点	3
1.4 常用的单片机介绍	3
1.4.1 Intel公司的单片机	3
1.4.2 Atmel公司的单片机	4
1.4.3 Philips公司的单片机	4
1.4.4 Microchip公司的单片机	5
1.4.5 MOTOROLA公司的单片机	5
本章小结	5
习题	5
第2章 MCS-51系列单片机的硬件结构	6
2.1 MCS-51系列单片机的物理结构	6
2.1.1 MCS-51系列单片机的封装形式与引脚定义	6
2.1.2 MCS-51系列单片机的系统结构及组成	7
2.2 MCS-51系列单片机的片外总线结构	10
2.3 MCS-51系列单片机的存储结构及存储器配置	11
2.3.1 MCS-51系列单片机的存储空间	11
2.3.2 片内数据存储器	11
2.3.3 片外数据存储器	13
2.3.4 程序存储器	13
2.4 特殊功能寄存器	14
2.5 MCS-51系列单片机的辅助电路及时序	16
2.5.1 时钟电路	16
2.5.2 时间周期的定义	17
2.5.3 指令的执行时序	17
2.5.4 常用的复位电路及复位后的状态	18
2.6 并行I/O接口	19
2.6.1 P0口	20
2.6.2 P1口	20
2.6.3 P2口	21
2.6.4 P3口	21
本章小结	22
习题	22
第3章 MCS-51系列单片机指令系统	23
3.1 MCS-51指令系统简介	23
3.2 寻址方式	24
3.2.1 立即寻址方式	25
3.2.2 直接寻址方式	25
3.2.3 寄存器寻址方式	25
3.2.4 寄存器间接寻址方式	26
3.2.5 基址寄存器加变址寄存器间接寻址方式	26
3.2.6 相对寻址方式	27
3.2.7 位寻址方式	27
3.3 指令系统	28
3.3.1 数据传送指令	28
3.3.2 算术运算指令	33
3.3.3 逻辑运算及移位指令	37
3.3.4 控制转移指令	40
3.3.5 位操作指令	44
本章小结	47
习题	48

<b>第4章 汇编语言程序设计</b> .....	50	7.3.1 8255A 可编程并行 I/O 口扩展	89
4.1 汇编语言的基本知识 .....	50	7.3.2 8155 可编程并行 I/O 口扩展	95
4.1.1 汇编语言的格式 .....	50	<b>7.4 显示器及键盘接口</b> .....	100
4.1.2 伪指令 .....	51	7.4.1 LED 显示器的结构与原理 .....	100
4.1.3 汇编语言程序设计的步骤 .....	53	7.4.2 LED 显示器接口电路 .....	101
4.2 汇编语言程序设计的方法 .....	53	7.4.3 LCD 显示器及其接口 .....	102
4.2.1 分支结构程序设计 .....	53	7.4.4 键盘及其接口 .....	108
4.2.2 循环结构 .....	56	7.4.5 可编程键盘/显示接口芯片——	
4.2.3 子程序调用程序设计 .....	59	8279 .....	111
4.2.4 查表程序设计 .....	61	<b>7.5 D/A 转换器接口及其应用</b> .....	113
本章小结 .....	64	<b>7.6 A/D 转换器接口及其应用</b> .....	117
习题 .....	64	本章小结 .....	121
<b>第5章 MCS-51 定时/计数器</b> .....	66	习题 .....	121
5.1 定时/计数器的结构和工作		<b>第8章 串行输入/输出接口及应用</b> .....	123
原理 .....	66	8.1 串行通信的基本概念 .....	123
5.2 定时/计数器的方式寄存器和		8.1.1 串行通信与并行通信 .....	123
控制寄存器 .....	67	8.1.2 两种基本的串行通信方式 .....	124
5.3 定时/计数器的工作模式 .....	68	8.1.3 串行通信接口 .....	127
5.4 定时/计数器应用实例 .....	70	<b>8.2 MCS-51 系列单片机串行</b>	
本章小结 .....	71	接口 .....	132
习题 .....	71	8.2.1 串行接口的内部结构 .....	132
<b>第6章 MCS-51 系列单片机的中断</b>		8.2.2 串行接口的工作方式及波特率的	
系统 .....	72	设置 .....	134
6.1 中断的基本知识 .....	72	<b>8.3 MCS-51 串行口的应用</b> .....	137
6.2 MCS-51 中断源 .....	73	8.3.1 方式0 的应用 .....	137
6.3 中断控制及中断响应 .....	75	8.3.2 方式1 的应用 .....	139
6.3.1 中断控制 .....	75	8.3.3 方式2 和方式3 的应用 .....	142
6.3.2 中断响应 .....	77	本章小结 .....	148
6.4 中断系统的应用实例 .....	78	习题 .....	148
本章小结 .....	81	<b>第9章 单片机系统的开发与设计</b> .....	151
习题 .....	81	9.1 Keil 单片机集成开发环境	
<b>第7章 MCS-51 系列单片机系统扩展</b>		简介 .....	151
与接口技术 .....	82	9.1.1 Keil $\mu$ Vision3 的安装 .....	151
7.1 MCS-51 扩展系统的结构 .....	82	9.1.2 Keil $\mu$ Vision3 的运行 .....	154
7.2 存储器的扩展 .....	83	9.1.3 Keil $\mu$ Vision3 菜单介绍 .....	156
7.2.1 典型只读存储器芯片 .....	84	<b>9.2 程序的编辑、链接与调试</b> .....	164
7.2.2 程序存储器的扩展 .....	85	9.2.1 创建一个项目及程序的编辑 .....	165
7.2.3 数据存储器的扩展 .....	86	9.2.2 编译、链接项目程序 .....	169
7.3 I/O 接口的扩展 .....	89	9.2.3 调试项目程序 .....	171

9.3 单片机应用系统的构成 .....	174
9.4 单片机应用系统的设计过程 .....	175
9.4.1 需求分析 .....	175
9.4.2 硬件设计 .....	177
9.4.3 软件设计 .....	178
9.4.4 系统调试 .....	179
9.4.5 组装运行 .....	180
9.5 单片机应用系统设计实例 .....	180
本章小结 .....	185
习题 .....	185
<b>第10章 MCS-51 系列单片机的应用实例 .....</b>	<b>187</b>
10.1 在有线电视网络集线器中的应用 .....	187
10.1.1 有线电视网络集线器 .....	187
10.1.2 有线电视网络集线器的硬件结构 .....	188
10.1.3 有线电视网络集线器的软件设计 .....	190
10.2 在有线电视网络智能放大器中的应用 .....	199
10.2.1 有线电视网络智能放大器 .....	199
10.2.2 有线电视网络智能放大器的硬件结构 .....	200
10.2.3 有线电视网络智能放大器的软件设计 .....	202
10.3 在智能快速体温鉴别器中的应用 .....	218
10.3.1 智能快速体温鉴别器 .....	218
10.3.2 智能快速体温鉴别器的硬件结构 .....	219
10.3.3 智能快速体温鉴别器的软件设计 .....	221
10.4 在水泥立窑偏火控制系统中的应用 .....	231
10.4.1 水泥立窑偏火控制系统 .....	231
10.4.2 水泥立窑偏火控制系统的硬件结构 .....	232
10.4.3 水泥立窑偏火控制系统的软件设计 .....	233
本章小结 .....	234
参考文献 .....	235

# 第1章 概述

**内容提要：**本章介绍了微型计算机和单片机的基本概念及组成结构，叙述了单片机的发展概况和发展趋势，分析了单片机的特点，最后对常见的单片机进行了简要介绍。

**重点：**微型计算机系统和单片机的组成结构。

**难点：**微型计算机和单片机的组成结构。

## 1.1 单片机的定义和特点

### 1.1.1 微型计算机系统

微型计算机由中央处理单元（CPU）、只读存储器（ROM）、随机存储器（RAM）、中断系统、定时/计数器和 I/O 接口组成。微型计算机基本组成框图如图 1-1 所示。

对于微型计算机来说，组成的各个部分都是分立的，由单独的芯片或者电路板组成。

### 1.1.2 单片机的基本概念

单片微型计算机简称单片机（Single Chip Micro-computer），自 20 世纪 70 年代问世以来，已深入应用到非微型计算机所无法应用的领域。它将计算机的基本部件微型化，使之集成在一块芯片上，片内含有中央处理部件（CPU）、存储器（ROM、RAM）、输入/输出（I/O）接口、定时/计数器、中断控制、系统时钟及总线等。

随后，按照面向对象、突出控制功能，在片内集成了许多外围电路及外围设备接口，突破了传统意义的计算机结构，发展成 microcontroller 的体系结构。目前，国外普遍称之为微控制器（Micro Controller Unit, MCU）。鉴于它完全作嵌入式应用，故又称为嵌入式微控制器（Embedded Microcontroller）。

### 1.1.3 单片机的特点

单片机以工业测控对象、环境、接口特点出发向增强控制功能，提高工业环境下的可靠性方向发展。单片机具有以下特点：

(1) 功能强、体积小，易于产品化。一片单片机一般只有一块校徽大小。它能方便地嵌入到各种被控制的设备中。

(2) 面向控制。单片机指令系统中有丰富的转移指令、位操作指令、I/O 接口的逻辑操作等指令，能满足工业、国防等高科技领域的控制要求。

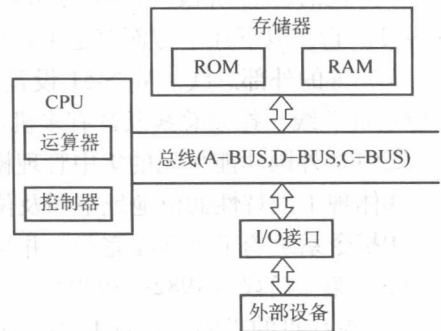


图 1-1 微型计算机基本组成框图



(3) 价格低廉。由于单片机应用面广，因此世界各个公司都竞相生产，不断提高其性价比。

(4) 低电压、低功耗。单片机大量用于便携式装置和家电产品，因此低电压、低功耗就显得非常重要。许多单片机功耗已为微安级，一粒纽扣电池就能使单片机长期工作。

### 1.2 单片机的发展概况

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两大类。通用型单片机可以把开发资源全部提供给使用者，通过不同的外围扩展来满足不同应用对象的要求；专用型单片机的硬件结构和指令是按照某一特定用途而设计的，从而降低成本、简化系统结构、提高可靠性，如计费电表和电子记事簿的单片机等。

单片机的发展可划分为4个阶段：

#### (1) 第一阶段（1976—1978）

单片机的探索阶段，以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。这就是 SCM 的诞生年代，“单片机”一词由此而来。

#### (2) 第二阶段（1978—1982）

单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

①完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构，包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

②CPU 外围功能单元的集中管理模式。

③体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

④指令系统趋于丰富和完善，并且增加了许多突出控制功能的指令。

#### (3) 第三阶段（1982—1990）

8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段，也是单片机向微控制器发展的阶段。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、脉宽调制器等纳入片中，体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用，许多电气厂商竞相使用 80C51 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，增强了外围电路功能，强化了智能控制的特征。

#### (4) 第四阶段（1990 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 8/16/32 位通用型单片机，以及小型廉价的专用型单片机。

我国开始使用单片机是在 1982 年，从那时到现在近 30 年的时间里，单片机领域发生了翻天覆地的变化，产生了一些非常优秀的单片机设计生产厂家。国内的单片机发展在前几年以 51 及其兼容系列为主，到现在，51 系列的芯片在中国市场还占有相当大的比重。

## 1.3 单片机的应用特点

目前,单片机已成为科技领域的有力工具、人类生活的得力助手,它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面:

### 1. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性价比。

### 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方向。机电一体化产品是指集成机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,如微机控制的车床和钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。因此,单片机被称为机电一体化中最理想的控制器。

### 3. 单片机在实时控制中的应用

单片机广泛用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器和机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

### 4. 单片机在分布式多机系统中的应用

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

### 5. 单片机在人类生活中的应用

自单片机诞生以来,它就步入了人类生活,如洗衣机、电冰箱、电子玩具和收录机等家用电器配上单片机后,不仅提高了智能化程度,而且增强了功能,倍受人们喜爱。单片机将使人类的生活更加方便、舒适、丰富多彩。

综上所述,单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。另一方面,单片机应用的重要意义还在于,它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能,现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术,是传统控制技术的一次革命。

## 1.4 常用的单片机介绍

### 1.4.1 Intel 公司的单片机

Intel 公司的单片机是目前应用最广、品种最多的单片机。Intel 公司于 1980 年推出 8 位的高性能 8051 单片机,在工业控制领域引起不小的轰动,并迅速确立了其不可动摇的地位。随后,Intel 公司将 80C51 内核使用权以专利互换或出让给世界许多著名 IC 制造厂商,使世界上很多半导体厂商加入开发和改造 8051 单片机的行列中,其中贡献最大的有 Philips 公

司，它着力发展了单片机的控制功能和外围单元；Atmel 公司在单片机内部植入了 Flash ROM，使单片机应用变得更灵活，在我国拥有大量的用户；ADI 公司推出的 AduC8xx 系列单片机，在单片机向 SOC 发展的模/数混合集成电路发展过程中扮演了重要的角色；Cygnai 公司采用一种全新的流水线设计思路，使单片机的运算速度得到了极大的提高，在向 SOC 发展的过程中迈出了一大步。

这样，80C51 单片机就变成了众多芯片制造厂商支持的大家族，统称为 80C51 系列单片机。客观事实表明，80C51 已成为 8 位单片机的主流，成了事实上的标准 MCU 芯片。

目前，8051 系列单片机各生产厂商的主流产品有几十个系列，几百个品种。尽管其各具特色，名称各异，但作为集 CPU、RAM、ROM（或 EPROM）、I/O 接口、定时/计数器和中断系统为一体的单片机，其原理大同小异。

### 1.4.2 Atmel 公司的单片机

Atmel 公司是世界上著名的高性能、低功耗、非易失性存储器和数字集成电路的一流半导体制造公司。在 CMOS 器件的生产领域中，Atmel 先进的设计水平、优秀的生产工艺及封装技术一直处于世界的领先地位。

Atmel 公司的 90 系列单片机是增强 RISC 内载 Flash 的单片机，通常简称为 AVR 单片机。90 系列单片机基于新的精简指令 RISC 结构，此结构使得在 8 位微处理器市场上 AVR 单片机具有最高的 MIPS/mw 能力。

为了加快进入市场的时间和简化维护的支持，对于单片机来说，用高级语言编程成了一种标准的编程方法。AVR 结构单片机的开发目的就在于能采用 C 语言编程，从而能高效地开发出目标产品。为了对目标代码大小、性能及功耗的优化，AVR 单片机采用了大型快速存取寄存器文件和快速单周期指令。

在 AVR 单片机中，在前一条指令执行时就取出现行的指令，然后以一个周期执行指令，在其他的 CISC 以及类似的 RISC 结构中，外部振荡器的时钟被分频降低到传统的内部执行周期，这种分频最大达 12 倍。AVR 单片机是用一个时钟周期执行一条指令的，它是在 8 位单片机中第一种真正的 RISC 单片机。

AVR 单片机采用低功率非挥发的 CMOS 工艺制造，通过 SPI 口和一般的编程器可以对 AVR 单片机的 Flash 存储器进行编程。

AT90 系列单片机目前有 AT90S1200、AT90S2313、AT90S4414、AT90S8515、AT90S2323、AT90S2343、AT90SMEG403、AT90SMEG103、AT90S4434 和 AT90S8535 等多种型号，它们在功能和存储器容量等方面有一定的区别，但是，它们都是比 89 系列要强的单片机。

### 1.4.3 Philips 公司的单片机

Philips 公司作为全球著名的半导体产品供应商，在单片机领域具有强大的影响力，产品范围广泛并且在技术创新上极为活跃，尤其近几年在 ARM 和增强型 51 系列单片机方面，有大量的新产品问世。飞利浦 80C51 系列单片机与 MCS-51 指令系统完全兼容，其片内具有 I<sup>2</sup>C 总线、A/D 转换器、定时监视器和 CRT 控制器等丰富的外围部件。其主要产品有 LPC900 系列、LPC76x 系列、P8xC5x 系列和增强型 80C51 系列。

飞利浦单片机独特的创造是具有 I<sup>2</sup>C 总线，这是一种集成电路和集成电路之间的串行通信总线，可以通过总线对系统进行扩展，使单片机的系统结构更简单，体积更小。I<sup>2</sup>C 总线也可以用于多机通信。

#### 1.4.4 Microchip 公司的单片机

Microchip 公司是著名的 8 位单片机生产商，Microchip 单片机在我国也有比较多的用户。近几年，随着 Microchip 不断推出颇具特色的各型单片机，Microchip 已越来越受到业界的广泛关注。MicroChip 单片机的主要产品是 PIC 16C 系列和 17C 系列 8 位单片机。CPU 采用 RISC 结构，分别仅有 33、35、58 条指令，采用 Harvard 双总线结构，运行速度快，低工作电压，低功耗，较大的输入/输出直接驱动能力，价格低，一次性编程，体积小，适用于用量大、档次低、价格敏感的产品。在办公自动化设备，消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制不同领域都有广泛的应用。PIC 系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高，发展非常迅速。

#### 1.4.5 MOTOROLA 公司的单片机

MOTOROLA 是世界上最早开发单片机的著名厂商，是目前全球最大的 8 位单片机生产商。现在已经拥有 8 位、16 位和 32 位约十几个系列的单片机。在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08。68HC05 有 30 多个系列，200 多个品种，产量已超过 20 亿片。16 位机 68HC16 也有十多个品种。32 位单片机的 683XX 系列也有几十个品种。MOTOROLA 单片机的特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多，因而使得高频噪声低、抗干扰能力强，更适用于工业控制领域及恶劣的环境。

### 本章小结

本章介绍了单片机的特点和发展历程，以及单片机的应用领域，并将单片机与微型计算机进行了比较，突出了单片机的优点，最后介绍了几种常见的单片机。

### 习 题

1. 什么是单片机？单片机与微型计算机有哪些差别？
2. 单片机的发展大致分为几个阶段？各个阶段的单片机的功能特点如何？
3. 单片机可应用于哪些领域？

## 第2章 MCS-51 系列单片机的硬件结构

**内容提要：**本章详细介绍了 MCS-51 系列单片机的物理结构，介绍了 MCS-51 系列单片机芯片外部引脚的定义、功能以及片外总线结构；叙述了片内外数据存储器、程序存储器和特殊功能寄存器的构成；介绍了 MCS-51 系列单片机的辅助电路及时序；最后对并行输入/输出接口进行了详细介绍。

**重点：**单片机芯片的引脚功能；存储器组织；并行输入/输出接口的构成及功能。

**难点：**存储器组织；并行输入/输出接口的构成及功能。

### 2.1 MCS-51 系列单片机的物理结构

8051/80C51 是整个 MCS-51 系列单片机的核心，其他型号的单片机都是在这一内核的基础上发展起来的。MCS-51 系列单片机系列分为 51 和 52 子系列，并以芯片型号的末位数字加以标识。其中，51 子系列是基本型，而 52 子系列是增强型。

单片机型号带有字母“C”的，表示该单片机采用的是 CMOS 工艺，具有低功耗的特点。8051 的功耗为 630mW，而 80C51 的功耗只有 120mW。本章将对 8051 单片机的结构加以介绍。

#### 2.1.1 MCS-51 系列单片机的封装形式与引脚定义

##### 1. 8051 片上硬件资源

8051 为典型的 ROM 型单片机，内部硬件资源有

- 面向控制的 8 位 CPU。
- 4KB 掩膜程序存储器（ROM）。
- 128B 内部数据存储器（RAM）。
- 2 个 16 位定时/计数器。
- 1 个全双工的异步串行口。
- 5 个中断源、2 个中断优先级的中断控制器。
- 时钟电路，时钟频率在 1.2 ~ 12MHz。

##### 2. 8051 的封装结构与引脚定义

8051 是 DIP40 双列直插封装形式的器件，其引脚图如图 2-1a 所示。单片机的 40 个引脚大致可分为 4 类：电源、时钟、控制线和 I/O 引脚。

###### (1) 电源

①  $V_{CC}$ ：芯片电源，接 +5V。

②  $V_{SS}$ ：接地端。

(2) 时钟 XTAL1、XTAL2 分别为晶体振荡电路反相输入端和输出端。

(3) 控制线（共 4 根）

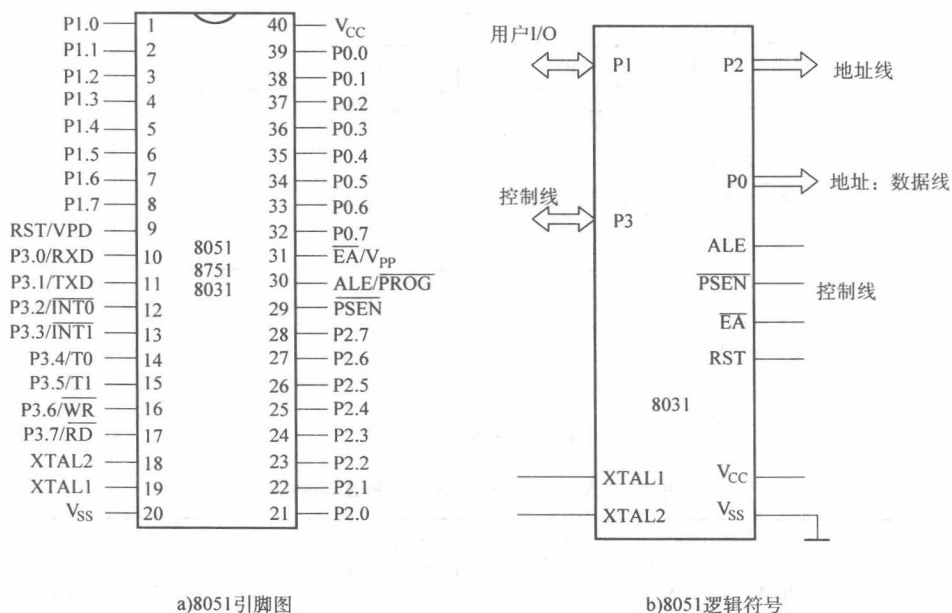


图 2-1 8051 单片机芯片引脚和芯片逻辑符号

①ALE/PROG: 地址锁存允许、片内 EPROM 编程脉冲。

ALE: 用来存放 P0 口送出的低 8 位地址。

PROG: 片内有 EPROM 的芯片, 在 EPROM 编程期间, 此引脚输入编程脉冲。

②PSEN: 外部程序存储器读选通信号。

③RST/VPD: 复位/备用电源。

RST (Reset): 复位信号输入端。

VPD: 在 V<sub>CC</sub> 掉电情况下接备用电源。

④EA/V<sub>PP</sub>: 内外程序存储器选择/片内 EPROM 编程电源。

EA: 内外程序存储器选择端。

V<sub>PP</sub>: 若片内有 EPROM 的芯片, 在 EPROM 编程期间施加编程电源 V<sub>PP</sub>。

(4) I/O 引脚

8051 共有 4 个 8 位并行 I/O 端口: P0、P1、P2、P3 口, 共 32 个引脚。P3 口还具有第二功能, 用于特殊信号输入/输出和控制信号 (属于控制总线)。

## 2.1.2 MCS-51 系列单片机的系统结构及组成

### 1. MCS-51 系列单片机结构框图

MCS-51 系列单片机采用了冯·诺依曼提出的经典计算机体系结构框架, 该系列中的所有产品都含有 8051 的基本硬件资源 (程序存储器除外), 其结构框图如图 2-2 所示。MCS-51 系列单片机在总体上可分为程序存储器、数据存储器、I/O 模块和中央处理器 (CPU)。

MCS-51 系列单片机中不同型号单片机产品的各部件参数稍有不同, 主要参数见表 2-1。

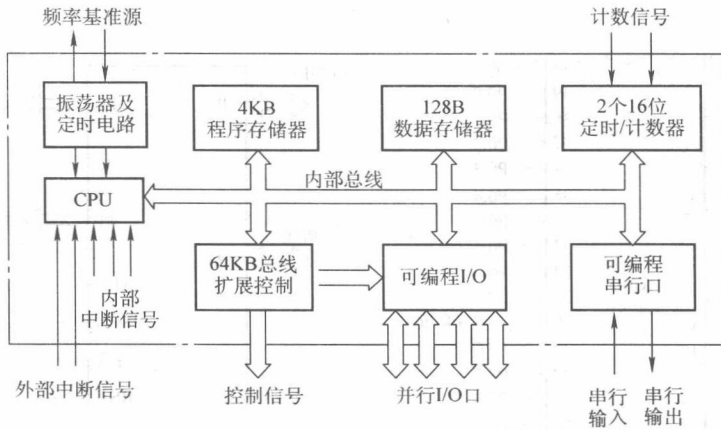


图 2-2 8051 结构框图

表 2-1 MCS-51 系列单片机技术参数表

子系列	片内 ROM 形式				片内 ROM /KB	片内 RAM /B	寻址范围 /KB	I/O 特性			中断源个数
	无	ROM	EPROM	FLASH				定时器	并行口	串行口	
51 系列	8031	8051	8751	8951	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	89C51	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
52 系列	8032	8052	8752	8952	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	89C52	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6

## 2. MCS-51 系列单片机的内部结构

MCS-51 系列单片机芯片的内部结构如图 2-3 所示。

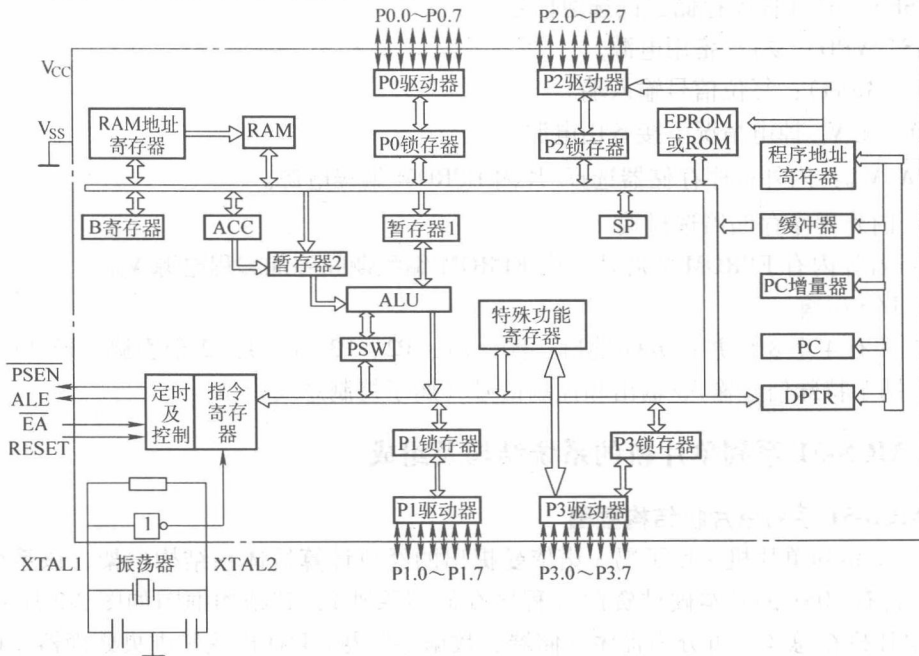


图 2-3 MCS-51 系列单片机芯片的内部结构

下面对功能部件做进一步说明:

### (1) CPU

CPU 即中央处理器的简称,是单片机的核心部件,它由运算器和控制器等部件组成。

①运算器。运算器的功能是进行算术运算和逻辑运算。运算器电路包括 ALU (算术逻辑单元)、ACC (累加器)、B 寄存器、状态寄存器、暂存器 1 和暂存器 2 等部件。

运算器可以对半字节(4位)、单字节等数据进行操作,如能完成加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 码十进制调整等算术运算和与、或、异或、求补、循环等逻辑操作,操作结果的状态信息送至状态寄存器。

②控制器。控制器包括程序计数器(PC)、指令寄存器、指令译码器、数据指针(DPTR)、堆栈指针(SP)、缓冲器以及定时与控制电路等。控制电路主要完成指挥控制工作,协调单片机各部分正常工作。

程序计数器(PC):它是一个 16 位专用寄存器,当一条指令按 PC 所指向的地址从程序存储器中取出之后,PC 的值会自动增量,即指向下一条指令。

堆栈指针(SP):它是一个 8 位专用寄存器,用来指示堆栈的起始地址。单片机的堆栈位于片内 RAM 中,系统复位后 SP 初始化为 07H,使得堆栈实际上由 08H 单元开始。

指令译码器:当指令送入指令译码器后,由译码器对该指令进行译码,CPU 根据译码器输出的电平信号使定时控制电路产生执行该指令所需要的各种控制信号。

数据指针寄存器(DPTR):它是一个 16 位寄存器,由高位字节 DPH 和低位字节 DPL 组成,用来存放 16 位数据存储器的地址,以便对片外 64KB 的 RAM 区进行读/写操作。

### (2) 存储器

MCS-51 系列单片机的程序存储器和数据存储器空间是相互独立的,物理结构也不相同。程序存储器为只读存储器(ROM),数据存储器为随机存取存储器(RAM)。对于 8051,其芯片中共有 256 个 RAM 单元,其中后 128 个单元被专用寄存器占用,只有前 128 个单元供用户使用。有关存储器的内容将在 2.3 节中详细介绍。

### (3) 定时/计数器

MCS-51 系列单片机中含有两个 16 位定时/计数器,即定时器 0 和定时器 1,它们各由两个独立的 8 位寄存器组成,可以用于定时控制、延时以及对外部事件的计数和检测等。

### (4) 并行 I/O 口

MCS-51 系列单片机共有 4 个 8 位 I/O 口(P0、P1、P2 和 P3),每一条 I/O 线都能独立地用作输入或输出,其中 P0 口为三态双向口,能带 8 个 TTL 门电路,P1、P2、P3 口为准双向口,负载能力为 4 个 TTL 门电路。

### (5) 串行 I/O 口

MCS-51 系列单片机具有一个采用通用异步工作方式的全双工串行通信接口,可以同时发送和接收数据,它具有两个相互独立的接收、发送数据缓冲器,两个缓冲器共用一个地址(99H)。发送缓冲器只能写入,不能读出;接收缓冲器只能读出,不能写入。

### (6) 中断控制系统

MCS-51 系列单片机具有较强的中断功能,以满足控制应用的需要。8051 共有 5 个中断源,即外中断 2 个,定时/计数中断 2 个,串行中断 1 个。所有的中断分为高级和低级两个中断优先级。



### (7) 时钟电路

MCS-51 芯片内部有时钟电路,但晶体振荡器和微调电容必须外接。时钟电路为单片机产生时钟脉冲序列,振荡器的频率范围为 1.2~12MHz,典型取值为 6MHz。

### (8) 总线

以上所有组成部分都是通过总线连接起来的,从而构成一个完整的单片机。系统的地址信号、数据信号和控制信号都是通过总线传送的,总线结构减少了单片机的连线和引脚,提高了集成度和可靠性。

## 2.2 MCS-51 系列单片机的片外总线结构

MCS-51 系列单片机本身的硬件资源有限,往往不能满足系统要求,因此,必须以芯片外扩展的方法来解决(即系统扩展)。有两种外扩展方法:并行扩展和串行扩展。本节主要讨论并行扩展。

扩展是通过系统总线进行的。所谓总线,就是连接单片机各扩展部件的一组公共信号线,是系统共享的通路,通过总线把各扩展部件连接起来,以进行数据、地址和控制信号的传送。并行扩展总线包括 3 个组成部分:地址总线、数据总线和控制总线。

#### 地址总线 (Address Bus, AB)

上传送的是地址信号,用于外扩展存储单元和 I/O 端口的寻址。地址总线是单向的,只能由单片机向外发送。并行口 P0、P2 (详细内容见 2.6 节)可作为并行扩展总线,P0 口作为低 8 位地址,P2 口作为高 8 位地址,两者共同构造地址总线。由此可见,单片机最多可以有 16 条地址线可以扩展 64KB 程序存储器和 64KB RAM/I/O 口,如图 2-4 所示。

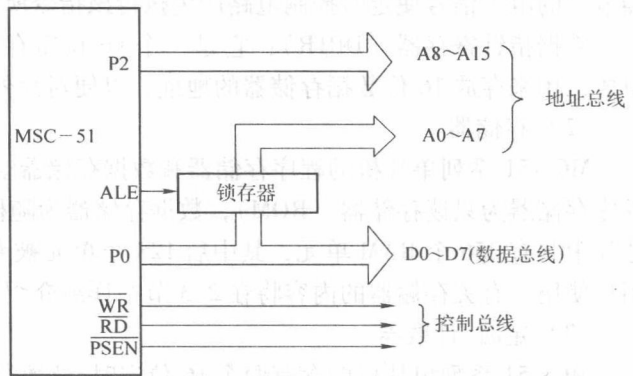


图 2-4 MCS-51 系统并行扩展总线结构

数据总线 (Data Bus, DB) 用于传送数据、状态、指令和命令。数据总线是双向的,即可以进行两个方向的数据传送(读/写)。在 MCS-51 系列单片机中,通常把 P0 口作为数据总线。由于 P0 口一线两用,既传送地址,又传送数据,所以要采用分时技术对 P0 口的地址和数据进行分离。由于 CPU 对扩展系统的操作总是先送出地址,然后再进行数据的读写操作,所以应先把出现的地址分离出来,以便腾出总线供其后的数据传送使用。为保存分离出来的地址,需增加一个 8 位锁存器,以 ALE 作为锁存控制信号,并使 CPU 送出地址时,ALE 信号正好有效。因此,应选择高电平或下降沿选通的锁存器(如 74LS373 等)。

控制总线 (Control Bus, CB) 是一组控制信号线,其中既有单片机发出的,也有外扩部件发出的。控制信号包括:

ALE: 地址锁存选通信号,以实现低 8 位地址锁存。

$\overline{PSEN}$ : 扩展程序存储器的读选通信号。

$\overline{EA}$ : 内外程序存储器的选择信号。