

面向 21 世纪高等学校计算机类专业规划教材

单片机原理及应用

李 飞 郑郁正 编著
文 斌 杨明欣

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MCS-51 单片机系列。全书共 11 章, 内容包括单片机的基本知识、MCS-51 系列单片机的组成结构、MCS-51 系列单片机的指令系统、MCS-51 单片机的 I/O 应用、MCS-51 单片机的系统资源扩展、MCS-51 的定时/计数器应用、MCS-51 单片机的中断系统、串行接口与应用、I²C 总线 ADC 和 DAC 的应用、单片机应用系统设计以及 MCS-51 程序开发工具 KEIL 等。为了方便教学, 每一章都精心设计了习题, 并在相应章节安排了实训内容, 做到了学用结合, 使读者能够迅速掌握相应知识。

本书的特点是深入浅出, 阐述清晰, 编排合理, 例题丰富, 适于自学。

本书既可作为高职、高专相关专业和本院校非计算机专业的单片机课程教材, 又可作为科技人员学习和开发单片机的参考书。

★本书配有电子教案, 需要的老师可与出版社联系, 免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 李飞等编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.12

面向 21 世纪高等学校计算机类专业规划教材

ISBN 978-7-5606-1932-3

I. 单… II. 李… 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(2007)第 157909 号

策 划 李惠萍

责任编辑 杨丕勇 李惠萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 15.25

字 数 359 千字

印 数 1~4000 册

定 价 20.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1932 - 3/TP · 1000

XDUP 2224001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

本书在介绍单片机时，是以 80C51 系列为例进行讲述的。而在介绍具体型号时，选用了美国 ATMEL 公司的 AT89C52 单片机。

本书是在数位长期从事单片机教学和科研工作的教师参考了众多单片机教学用书，积累了大量教学经验的基础上编写的。针对当前学生的实际情况，本书偏重实验和应用，目的在于在讲解 AT89 单片机基础知识的同时，提高学生的动手能力，所以大部分实例较详细地提出了设计要求，进行了设计思路分析，然后给出了主要的原理图和程序清单，包括详细注释。

本书在 AT89C52 的时序和某些内部细节方面叙述的较少，主要原因是编者认为当前的学生对这些内容不易理解，因此只期望学生能够照书重现实例即可。想详细了解和改进实例的读者可参阅其他相关书籍。

本书共有 11 章，系统地介绍了 MCS-51 单片机，内容包括单片机的基本知识、MCS-51 系列单片机的组成结构、MCS-51 系列单片机的指令系统、MCS-51 单片机的 I/O 应用、MCS-51 单片机的系统资源扩展、MCS-51 的定时/计数器应用、MCS-51 单片机的中断系统、串行接口与应用、I²C 总线 ADC 和 DAC 的应用、单片机应用系统设计以及 MCS-51 程序开发工具 KEIL 等。为了方便教学，每一章都精心设计了习题，并在相应章节安排了实训内容，做到了学用结合，使读者能够迅速掌握相应知识。

本书既可作为高职、高专院校“单片机原理及应用”、“单片机原理与接口”等与单片机有关课程的教材，又可作为本科院校非计算机专业的单片机课程教材及科技人员学习和开发单片机的参考书。

本书建议教学课时为 40 个学时，基本保证每章 4 个学时两次课，另加 10~20 个学时的实验课。书中部分内容建议留给学生自学。

对于本书所参考的资料和书籍的作者，以及其他帮助本书出版的有关人员，在此一并致谢。

我们想尽最大努力，编写出一本适合当前学生的教材，不过由于水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者予以指正或提出修改意见。

编 者
2007 年 7 月

目 录

第 1 章 单片机的基本知识 1	3.1.2 MCS-51 汇编指令格式.....27
1.1 单片机的基本概念..... 1	3.1.3 指令中的常用符号.....28
1.2 单片机的发展历史..... 2	3.2 寻址方式.....28
1.3 单片机的特点及应用..... 3	3.3 指令系统的分类.....30
1.3.1 单片机的特点..... 3	3.3.1 数据传送类指令.....30
1.3.2 MCS-51 系列单片机的特点..... 3	3.3.2 算术运算类指令.....34
1.3.3 单片机的应用..... 4	3.3.3 逻辑运算类指令.....36
1.4 常用单片机系列介绍..... 4	3.3.4 控制转移类指令.....37
习题 1..... 5	3.3.5 布尔变量操作类指令.....42
第 2 章 MCS-51 系列单片机的组成结构 6	3.4 MCS-51 汇编语言伪指令.....46
2.1 89 系列单片机概述..... 6	3.5 程序设计方法.....48
2.1.1 89 系列单片机的特点..... 6	3.5.1 顺序程序设计.....49
2.1.2 89 系列单片机的结构简介..... 6	3.5.2 分支程序设计.....49
2.1.3 不同档次的 89 系列单片机..... 7	3.5.3 循环程序设计.....52
2.2 AT89C52 单片机的结构框图..... 9	3.5.4 查表程序设计.....53
2.2.1 AT89C52 单片机的基本结构框图..... 9	3.5.5 子程序设计.....55
2.2.2 AT89C52 单片机的内部结构框图..... 10	习题 3.....57
2.2.3 AT89C52 单片机的封装、引脚及其片外总线结构..... 11	第 4 章 MCS-51 单片机的 I/O 应用59
2.3 AT89C52 单片机存储器的组织形式..... 13	4.1 I/O 端口的输入/输出特性.....59
2.3.1 程序存储器..... 14	4.1.1 P1 口.....59
2.3.2 数据存储器..... 15	4.1.2 P3 口.....61
2.3.3 地址分配及寻址区..... 18	4.1.3 P0 口.....62
2.3.4 特殊功能寄存器 SFR..... 21	4.1.4 P2 口.....64
2.4 AT89C52 单片机的复位和省电方式..... 23	4.2 I/O 端口的应用.....65
2.4.1 复位..... 23	4.2.1 I/O 端口简单控制程序.....65
2.4.2 省电方式..... 25	4.2.2 显示器件与单片机的接口.....67
习题 2..... 26	4.2.3 键盘与单片机的接口.....71
第 3 章 MCS-51 系列单片机的指令系统 27	4.3 简单 I/O 口的扩展.....77
3.1 基本概念..... 27	习题 4..... 81
3.1.1 有关指令的几个概念..... 27	第 5 章 MCS-51 单片机的系统资源扩展82
	5.1 认识系统总线.....82
	5.1.1 总线的概念.....82

5.1.2 地址总线(AB)	83	7.1 中断的概念	129
5.1.3 数据总线(DB)	84	7.1.1 中断	129
5.1.4 控制总线(CB)	84	7.1.2 MCS-51 单片机的中断源	129
5.2 AT89C52 最小应用系统	84	7.1.3 中断嵌套与优先级	130
5.3 MCS-51 单片机的系统扩展能力	85	7.2 采用中断控制技术的作用	131
5.4 程序存储器的扩展	85	7.2.1 速度匹配	131
5.4.1 外部程序存储器简介	86	7.2.2 故障处理	131
5.4.2 典型的外部程序存储器的连接	86	7.2.3 实时处理	131
5.5 外部数据存储器的扩展	89	7.3 MCS-51 中断系统结构原理	131
5.5.1 典型的外部数据存储器的连接	90	7.4 中断控制	132
5.5.2 兼有片外 ROM 和片外 RAM 的 扩展电路	92	7.4.1 中断请求标志寄存器	132
5.6 I/O 口扩展	93	7.4.2 中断允许控制寄存器	133
5.6.1 单片机 I/O 口扩展性能	93	7.4.3 中断优先级控制寄存器	134
5.6.2 I/O 口扩展用芯片及方法	94	7.5 中断处理	136
5.6.3 8255 可编程并行 I/O 口扩展	94	7.5.1 响应中断的条件	136
5.6.4 8155 可编程并行 I/O 口扩展	99	7.5.2 中断响应所需的时间	136
习题 5	103	7.5.3 MCS-51 中断请求标志位的 清除方式	136
第 6 章 MCS-51 的定时/计数器应用	104	7.5.4 中断处理的过程	137
6.1 基本概念	104	7.5.5 中断矢量	138
6.1.1 计数与定时	104	7.6 中断服务程序与子程序	140
6.1.2 单片机的定时/计数器介绍	104	7.7 外部中断的编程应用	141
6.2 AT89C52 的定时/计数器概述	105	7.7.1 外部中断 0 的编程及应用	141
6.2.1 定时/计数器的结构	105	7.7.2 外部中断 1 的编程及应用	142
6.2.2 定时/计数器的工作模式	106	7.8 外部中断源的扩展	144
6.3 定时/计数器的特殊功能控制寄存器	106	7.8.1 利用查询加中断的方式进行扩展	144
6.3.1 定时/计数器(T0、T1)的方式 控制寄存器	106	7.8.2 利用 AT89C52 的三个定时/计数器 进行扩展	146
6.3.2 定时/计数器(T0、T1)的控制 寄存器	107	习题 7	146
6.3.3 定时/计数器 T2 的特殊功能 寄存器	107	第 8 章 串行接口与应用	147
6.3.4 定时/计数器 T2 的控制寄存器	108	8.1 串行通信的基本知识	148
6.4 定时/计数器的各种工作模式及应用	108	8.2 MCS-51 单片机串行口的结构与 工作方式	150
6.4.1 定时/计数器 T0 和 T1	108	8.2.1 串行口的结构	150
6.4.2 门控位 GATE 的应用	118	8.2.2 串行口控制寄存器 SCON 和电源 控制寄存器 PCON	150
6.4.3 定时/计数器 T2	118	8.2.3 波特率设计	151
习题 6	127	8.3 串行口通信应用	152
第 7 章 MCS-51 单片机的中断系统	129	8.3.1 同步移位方式(方式 0)	152

8.3.2	10 位异步方式(方式 1).....	154	11.2.1	KEIL51 开发平台的安装	211
8.3.3	11 位异步方式(方式 2 和方式 3).....	160	11.2.2	KEIL51 开发平台的使用	212
	习题 8.....	169	11.3	KEIL 中的 MCS—51 汇编语法	213
第 9 章	I²C 总线 ADC 和 DAC 的应用	170	11.3.1	一个程序模块的框架	213
9.1	I ² C 总线简介及应用	170	11.3.2	KEIL 汇编中关于段名的定义.....	214
9.1.1	I ² C 总线简介	170	11.4	KEIL C51 程序开发.....	215
9.1.2	I ² C 总线的时序	172	11.4.1	建立工程.....	215
9.1.3	AT24C 系列串行 E ² PROM	174	11.4.2	从 C 程序中产生汇编程序.....	216
9.2	D/A 转换器件及应用	177	11.4.3	在 C 程序中嵌入汇编程序.....	216
9.2.1	D/A 转换器简介	177	11.4.4	C 程序产生的汇编源程序说明	217
9.2.2	串行电压输出型 D/A 转换器	178	11.4.5	C 程序的中断服务程序.....	218
9.2.3	10 位并行 D/A 转换器.....	179	11.5	C51 编程中的一些说明	218
9.2.4	8 位 D/A 转换器	180	11.5.1	函数重入.....	218
9.3	A/D 转换器件及应用	182	11.5.2	多模块编程时头文件的定义.....	219
9.3.1	A/D 转换器简介	182	11.5.3	静态变量的用法.....	219
9.3.2	ADC0804 的性能特点	184	11.5.4	C51 中扩展的变量类型	220
9.3.3	V/F 转换型 A/D 电路的应用	186	11.6	目标系统配置.....	220
9.3.4	串行 A/D 器件 TLC0831 简介及 应用.....	187	11.7	MON51 监控程序调试方案.....	221
	习题 9.....	188	11.7.1	MON51 的硬件要求.....	221
第 10 章	单片机应用系统设计	190	11.7.2	MON51 代码的产生.....	222
10.1	单片机应用系统的构成	190	11.7.3	对工程的修改和配置	222
10.2	单片机应用系统的设计原则.....	191	11.7.4	对工程进行调试.....	222
10.2.1	硬件设计	193	11.8	ISD51 内置系统调试器方案.....	223
10.2.2	软件设计	194	11.8.1	ISD51 的硬件要求	223
10.2.3	硬件电路和印刷电路板的设计 原则.....	196	11.8.2	ISD51 与用户程序集成.....	223
10.2.4	单片机应用系统抗干扰措施	197	11.8.3	ISD51 提供的调试接口子程序.....	223
10.3	8 回路电压巡检仪的设计实例	199	11.8.4	配置 μ Vision2	224
10.4	数控直流稳压电源.....	205	习题 11	224	
	习题 10.....	208	单片机模拟试题(一)	225	
第 11 章	MCS—51 程序开发工具		单片机模拟试题(二)	228	
	KEIL	210	单片机模拟试题(三)	229	
11.1	DOS 环境下 MCS—51 汇编语言程序 开发	210	附录 MCS—51 系列单片机指令		
11.1.1	汇编环境	210	速查表	233	
11.1.2	汇编过程	210	附录一 数据传送类指令	233	
11.2	Windows 下的 MCS—51 汇编设计	211	附录二 算术运算类指令	234	
			附录三 逻辑运算类指令	234	
			附录四 控制转移类指令	235	
			附录五 布尔变量操作类指令.....	236	

第 1 章 单片机的基本知识

通过本章的学习,读者应该掌握单片机的概念及单片机与微型计算机系统的区别,了解单片机的发展历史,掌握单片机的特点及应用领域,清楚常用单片机系列的发展状况。

1.1 单片机的基本概念

在通用微机中央处理器的基础上,将输入/输出(I/O)接口电路、时钟电路以及一定容量的存储器等部件集成在同一芯片上,再加上必要的外围器件,如晶体振荡器,就构成了一个较为完整的计算机硬件系统。由于这类计算机系统的基本部件均集成在同一芯片内,因此被称为单片微控制器(Single-Chip-Micro Controller,简称单片机)或微控制单元(Micro Controller Unit,简称MCU)。

由于单片机将微处理器、存储器、I/O接口电路和相应实时控制器件集成在一块芯片上,因此它具有抗干扰能力强、工作温度范围宽、可靠性高、功耗低等特点,适用于条件恶劣的场所。

微机系统除了单片机外,还有下面几种常见的类型:

(1) 单板机。它将微处理器、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刷电路板上,称为单板微型计算机,简称单板机。

(2) 微型计算机。它将微处理器、存储器、I/O接口电路由总线有机地连接在一起,称为微型计算机或PC机。

(3) 微型计算机系统。微型计算机与外围设备、电源、系统软件一起即构成微型计算机系统。

目前,单板机已被单片机取代,而微型计算机和微型计算机系统与单片机由于用途不同,发展方向也不相同。

对于微型计算机系统来说,其主要任务是数值计算和信息处理。它支持浮点运算,采用流水线作业、并行处理、多级高速缓冲(Cache)技术等,对运算速度和存储容量方面要求速度越快越好,容量越大越好。微型计算机系统的字长由8位(如8085处理器)、16位(如8086、80286)迅速向32位(如80486)、64位(如Pentium系列CPU,Pentium系列CPU内部数据总线为32位,对外数据总线为64位,因而Pentium还不是真正意义上的64位微处理器)过渡,时钟信号的频率由最初的4.77MHz向33MHz、66MHz、166MHz、400MHz、800MHz、1GHz、3GHz,甚至更高频率过渡。

单片机主要面向控制,控制中的数据类型及数据处理相对简单,所以单片机的数据处

理功能比微型计算机系统相对要弱一些，计算速度和精度也相对要低一些。例如，现在的单片机产品的 CPU 大多不支持浮点运算，CPU 采用串行工作方式，字长常常为 8 位，这已足够胜任日常工作(在工业控制中，一般仅需要控制线路的通、断，触点的吸合与释放，有时 4 位单片机也能胜任)，尽管也有 16 位、32 位的单片机芯片，但这些高档单片机芯片主要用于语音、图像处理系统，绝对数量不多，时钟信号频率也不高，一般在数十兆赫兹以内。

单片机的主要发展方向是不断强化控制功能(即将更多的外围电路单元集成到 CPU 内)、低功耗(以便电池供电)、低成本(例如在 CPU 芯片内，按用途分别集成不同的外围电路，形成系列化产品，这样既能满足不同应用领域的需要，又降低了成本)。

单片机芯片作为控制系统的核心部件，除了具备通用微机 CPU 的数值计算功能外，还必须具有灵活、强大的控制功能，以便实时监测系统的输入量和控制系统的输出量，实现自动控制。由于单片机主要面向工业控制，工作环境比较恶劣，如高温、强电磁干扰，甚至含有腐蚀性气体，在太空中工作的单片机控制系统还必须具有抗辐射能力，因而决定了单片机 CPU 与通用微机 CPU 具有不同的技术特征和发展方向。

1.2 单片机的发展历史

单片机的发展大致可分为以下几个阶段：

(1) 第一阶段(1976—1978 年)：单片机的探索阶段。1971 年 11 月，Intel 公司首先设计出集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel 4004，并配有 RAM、ROM 和移位寄存器，构成了第一台 MCS-4 微处理器。它的推出拉开了单片机研制的序幕。

随后，Intel 公司推出了 MCS-48。MCS-48 的推出是在工控领域的探索，参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等，都取得了满意的效果。这标志着 SCM(Single Chip Microcomputer)的诞生，“单片机”一词即由此而来。

(2) 第二阶段(1978—1982 年)：单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 的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。

- 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、控制总线及具有很多通信功能的串行通信接口。

- CPU 外围功能单元的集中管理模式。

- 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

- 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 年)：8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段。这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 系列的推广和应用，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，增强了外围电路的功能，强化了智能控制的特征。

这个阶段的单片机的特点如下：

- 在技术上, 由可扩展总线型向纯单片型发展, 即只能工作在单片方式。
- MCU 的扩展方式从并行总线型发展出各种串行总线。
- 将多个 CPU 集成到一个 MCU 中。
- 在降低功耗、提高可靠性方面, MCU 的工作电压已降至 3.3 V。

(4) 第四阶段(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, 以及小型廉价的专用型单片机。这个阶段还有一个特点是 Flash 的使用。

单片机的发展虽然按先后顺序经历了 4 位、8 位、16 位、32 位的阶段, 但从实际使用情况看, 并没有出现推陈出新、以新代旧的局面。4 位、8 位、16 位单片机仍各有应用领域, 如 4 位单片机在一些简单家用电器、高档玩具中仍有应用, 8 位单片机在中、小规模应用场合仍占主流地位, 16 位单片机在比较复杂的控制系统中才有应用。

1.3 单片机的特点及应用

1.3.1 单片机的特点

(1) 单片机的存储器 ROM 和 RAM 是严格区分的。ROM 称为程序存储器, 只存放程序、固定常数及数据表格; RAM 则为数据存储器, 用作工作区及存放用户数据。采用这样的结构主要是考虑到单片机用于控制系统中, 有较大的程序存储器空间, 把开发成功的程序固化在 ROM 中, 而把少量的随机数据存放在 RAM 中, 这样, 小容量的数据存储器能以高速 RAM 的形式集成在单片机内, 以加速单片机的执行速度。但单片机内的 RAM 是作为数据存储器使用, 而不是当作高速缓冲存储器(Cache)使用的。

(2) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要, 单片机有更强的逻辑控制能力, 特别是具有很强的位处理能力。

(3) 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的。由于单片机芯片上的引脚数目有限, 为了解决实际引脚数和需要的信号线的矛盾, 采用了引脚功能复用的方法。引脚处于何种功能, 可由指令来设置或由机器状态来区分。

(4) 单片机的外部扩展能力强。在内部的各种功能不能满足应用需求时, 均可在外部进行扩展(如扩展 ROM、RAM、I/O 接口、定时/计数器、中断系统等), 与许多通用的微机接口芯片兼容, 给应用系统设计带来了极大的方便和灵活性。

1.3.2 MCS-51 系列单片机的特点

就 CPU 的结构来说, 通用微机的 CPU 内部有一定数量的通用或专用寄存器, 而 MCS-51 系列单片机则在数据 RAM 区开辟了一个工作寄存器区。该区共有 4 组, 每组 8 个寄存器, 总共可提供 32 个工作寄存器, 相当于通用微机 CPU 中的通用寄存器。除此之外, MCS-51 系列单片机还有颇具特色的 21 个特殊功能寄存器 SFR。要理解 MCS-51 系列单片机的工作原理, 就必须对特殊功能寄存器 SFR 的工作情况有清楚的了解。SFR 使仅具有 40 条引脚

的单片机系统的功能有很大的扩展。由于这些 SFR 的作用，在程序控制下，每个通道都可有第二功能，从而使得有限的引脚能衍生出更多的功能。而且，利用 SFR 可完成对定时器、串行口、中断逻辑的控制，这就使得单片机可以把定时/计数器、串行口、中断逻辑等集成在一个芯片上。

MCS-51 系列单片机在存储器结构上与通用微机也有不同之处，通用微机中的程序存储器和数据存储器是一个地址空间，而单片机把程序存储器和数据存储器分成两个独立的地址空间，采用不同的寻址方式，使用两个不同的地址指针，PC 指向程序存储器，DPTR 指向数据存储器。采用这种结构主要是考虑到工业控制的特点。在一般的工业控制系统中，需要较大的程序存储器空间和较小的随机存储器空间，不同于通用微机需要较大的数据存储器空间。

MCS-51 系列单片机在输入/输出接口方面的特点是，通道口引线在程序的控制下都可有第二功能，可由系统设计者灵活选择。比如数据线和地址线低 8 位可分时合用通道 0，而地址线高 8 位与其他信号线也可合用通道 2。由于存储器和接口都在片内，这就给应用提供了方便，往往只在其引脚处增加驱动器即可简化接口设计工作，提高单片机与外设数据交换的处理速度。同时，功能变换和选择由相应的指令来控制实现，而不是靠硬件上的跳线短接等方法实现。MCS-51 系列单片机 I/O 引脚一线多能的特点方便了用户，但在组成应用系统时，也应根据其特点分时使用。

MCS-51 系列单片机的另一个显著特点是内部有一个全双工串行口，即可同时发送和接收；有两个物理上独立的接收、发送缓冲器，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。在程序的控制下，串行口能工作于四种方式，用户可根据需要，设定为移位寄存器方式，以扩展 I/O 口和外接同步输入/输出设备，或用作异步通信口，以实现双机或多机通信，极为方便地组成分布式控制系统。

还值得一提的是，MCS-51 系列单片机内部有一个功能相对独立的位处理机(即布尔处理机)，因而其具有较强的位处理功能。

1.3.3 单片机的应用

单片机的应用范围十分广泛，主要的应用领域有：

- (1) 工业控制。单片机可以构成各种工业控制系统、数据采集系统等。如数控机床、自动生产线控制、电机控制、温度控制等。
- (2) 仪器仪表。如智能仪器、医疗器械、数字示波器等。
- (3) 计算机外部设备与智能接口。如图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘/磁带机、智能终端机等。
- (4) 商用产品。如自动售货机、电子收款机、电子秤等。
- (5) 家用电器。如微波炉、电视机、空调、洗衣机、录像机、音响设备等。

1.4 常用单片机系列介绍

目前，单片机芯片系列、品种、规格繁多，先后经历了 4 位机、8 位机、16 位机、新

一代 8 位机、32 位机等几个有代表性的发展阶段。尽管 16 位单片机进入市场已有十余年，但一直未能取代 8 位机成为主流产品。

8 位单片机的特点是通用性强，但个性不够突出，控制功能也有限，依然不能满足不同应用领域、不同测控系统的要求。在 20 世纪 90 年代中后期，各大芯片厂商，如 Intel、Philips、Motorola、Temic Semiconductor Technology、Microchip 等在第二代单片机 CPU 内核的基础上，除了进一步强化原有功能(如在串行口部件中增加帧错误侦测和自动地址识别功能)外，针对不同的应用领域，将不同功能、用途的外部接口电路嵌入到第二代单片机 CPU 内，形成了规格、品种繁多的新一代 8 位单片机芯片，如 Intel、Philips、ATMEL 公司的 8XC5X 系列，Motorola 公司的 68HC05、68HC11 系列，Microchip 公司的 PIC16C 系列等。在新一代 8 位单片机中，以增强型 MCS-51 为内核的 8XC5X 系列、以 6801 为内核的 68HC05 和 68HC11 系列目前已成为主流单片机芯片。

在今后相当长的一段时间内，8 位单片机，尤其是强化了控制接口功能的新一代 8 位单片机(如 80C51/52、MC68HC11 系列)依然是单片机的主流产品。因此，本书主要介绍 8 位单片机的原理及系统组成。

目前，增强型 MCS-51 及兼容单片机芯片的生产厂商较多，除了 Intel 外，主要有 Philips、ATMEL、Winbond 等。低档单片机系列常采用 OTPROM 存储器，外围电路多，功能完善，工作温度范围宽，价格低廉，非常适合作为空调、洗衣机等家用电器的控制器，以及各类安防产品的控制器，如解码与编码器。中档单片机系列的软硬件与 MCS-51 保持了 100% 的兼容，价格低，仿真开发设备多，能满足一般的应用要求，是单片机教学的首选机型。高档单片机系列功能齐全，片内数据存储器容量大，带有可编程阵列，使用灵活，电磁兼容性好，能满足绝大部分应用。

目前，兼容增强型 MCS-51 单片机芯片市场是以 Philips、ATMEL 公司的单片机系列为主流，本书后面章节主要依托 ATMEL 公司的 AT89C52 单片机来讲解单片机的原理和应用。

习 题 1

1. 什么是单片机？它与通用微机系统有什么区别？
2. 单片机的特点是什么？MCS-51 单片机具有什么特点？
3. 简述单片机的发展历史。
4. 单片机的应用领域有哪些？说说为什么单片机可以应用到这些领域。
5. 根据单片机的字长可以将它分成哪些系列？为什么 8 位单片机系列是主流？

第 2 章 MCS—51 系列单片机的组成结构

本章介绍兼容 MCS—51 单片机中 89 系列单片机的结构框图、存储器的组织结构及其地址分配、SFR(特殊功能寄存器)等内容。

2.1 89 系列单片机概述

AT89C52 单片机是 ATMEL 公司 89 系列单片机的一种 8 位 Flash 单片机。它的最大特点是片内含有 Flash 存储器,用途十分广泛,特别是在生产便携式商品、手提式仪器等方面有着十分广泛的应用。

2.1.1 89 系列单片机的特点

89 系列单片机是以 8031 为内核的产品,它与 51 系列单片机是兼容的。89 系列单片机具有以下特点:

(1) 内部含有 Flash 存储器,使用户在开发过程中非常容易修改程序,缩短系统的开发周期。可以重复多次编程,也可根据需要对内部程序进行更新或升级。

(2) 89 系列单片机的引脚和 AT80C51 引脚插座兼容,用 89 系列单片机可以替代同档次的 AT80C51 单片机,不需要对外围电路进行改动。

(3) 89 系列单片机采用静态时钟方式,可以节省电能,降低便携式设备的功耗。

2.1.2 89 系列单片机的结构简介

89 系列单片机的内部结构与 AT80C51 相近,主要有以下部件:

- (1) 8031CPU。
- (2) 振荡电路。
- (3) 总线控制部件。
- (4) 中断控制部件。
- (5) 片内 Flash 存储器。
- (6) 片内 RAM。
- (7) 并行 I/O 接口。
- (8) 定时器。
- (9) 串行 I/O 接口。

89 系列各种型号单片机的内部差别很大。例如, AT89C1051 的片内 Flash 存储器只有 1 KB, 而 AT89C52、AT89LV52 和 AT89S8252 的片内 Flash 存储器有 8 KB。AT89S8252 的结构最复杂, 它的内部含有标准的串行接口, 还有一个串行的外围接口 SPI、Watchdog 定时器、双数据指针等部件, 以及电源下降时的中断恢复等功能。

89 系列单片机一共有 7 种型号, 分别为 AT89C1051、AT89C2051、AT89C51、AT89LV51、AT89C52、AT89LV52 和 AT89S8252。其中 AT89LV51 和 AT89LV52 分别是 AT89C51 和 AT89C52 的低电压产品, 最低电压可以低至 2.7 V。AT89C1051 和 AT89C2051 则是低档的低电压产品, 只有 20 个引脚。

89 系列单片机的型号编码中字母的含义是: AT 表示该器件是 ATMEL 公司的产品, C 表示该器件是 CMOS 产品, LV 表示该器件是低电压产品, S 表示该器件含可以下载的 Flash 存储器。

2.1.3 不同档次的 89 系列单片机

89 系列单片机可分为低档型、标准型和高档型。

1. 低档型

在 89 系列单片机中, 低档型的单片机有 AT89C1051 和 AT89C2051 两种型号。

低档型的单片机引脚较少, 只有 20 根, 比标准型的 40 根引脚少。AT89C1051 的 Flash 存储器只有 1 KB, RAM 只有 64 字节, 内部不含串行接口, 中断响应有 3 种, 保密锁定位 2 位。AT89C2051 的 Flash 存储器只有 2 KB, RAM 只有 128 字节, 保密锁定位 2 位。

低档型的 89 系列单片机的主要性能如下:

- (1) 1 KB 或 2 KB 的 Flash 存储器。
- (2) 64 或 128 字节的片内 RAM。
- (3) 15 条可编程 I/O 口。
- (4) 1~2 个 16 位定时/计数器。
- (5) 3~6 个中断源。
- (6) 2 级存储器加密。
- (7) 可编程串行接口。
- (8) 片内振荡器。

2. 标准型

在 89 系列单片机中, 标准型的单片机有 AT89C51、AT89LV51、AT89C52 和 AT89LV52 四种型号。

标准型的 89 系列单片机是与 MCS-51 系列单片机兼容的。在内部含有 4 KB 或 8 KB 可重复编程的 Flash 存储器, 可进行 1000 次擦写操作, 全静态工作频率为 0~24 MHz, 有 3 级程序锁存器, 内部含有 128~256 字节的 RAM, 有 32 条可编程 I/O 线, 2~3 个 16 位定时/计数器, 6~8 个中断源, 通用的串行接口, 低电压空闲及电源下降方式。

AT89C51 是基本型, 具有 4 KB 的 Flash 存储器, 128 字节的片内 RAM, 32 条可编程 I/O 口, 2 个 16 位定时/计数器, 6 个中断源, 3 位存储器加密, 1 个可编程串行接口。AT89C52 在 AT89C51 的基础上, 增加了 1 个定时/计数器, 具有 2 个中断源, 128 字节的片内 RAM,

4 KB 的 Flash 存储器。

在这四种型号的单片机中，AT89LV51 和 AT89LV52 是 AT89C51 和 AT89C52 在低电压范围内工作的改进型单片机，可在 2.7~6 V 的电压范围内工作。

标准型的 89 系列单片机的主要性能如下：

- (1) 4 KB 或 8 KB 的 Flash 存储器。
- (2) 128 或 256 字节的片内 RAM。
- (3) 32 条可编程 I/O 口。
- (4) 2~3 个 16 位定时/计数器。
- (5) 6~8 个中断源。
- (6) 3 级存储器加密。
- (7) 可编程串行接口。
- (8) 片内时钟振荡器。

3. 高档型

在 89 系列单片机中，高档型的单片机只有 AT89S8252 一种型号。它在标准型的基础上增加了一些新的功能，主要有以下几个方面：

(1) 8 KB 的 Flash 存储器有可以下载的功能。下载功能是由微机通过 AT89S8252 的串行外围接口 SPI 完成的。

(2) AT89S8252 还含有一个 2 KB 的 EEPROM，可提高存储容量。

(3) 有 9 个中断源。

(4) 含有串行外围接口 SPI。

(5) 含有 Watchdog 定时器。

(6) 含有双数据指针。

(7) 含有从电源下降的中断恢复。

表 2.1 给出了 89 系列单片机的几种主要型号的性能比较。从表中可以看出：AT89C1051 是这个系列中功能最弱的型号；AT89C52 的功能较强，可以用于比较复杂的控制；功能最强的是 AT89S8252，它比 AT89C52 多出了一个 2 KB 的 EEPROM，一般用于比较复杂的控制。

表 2.1 89 系列单片机

配置	AT89C1051	AT89C2051	AT89C51	AT89C52	AT89S8252
Flash(KB)	1	2	4	8	8
片内 RAM(字节)	64	128	128	256	256
I/O 口(条)	15	15	32	32	32
定时器(个)	1	2	2	3	3
中断源(个)	3	6	6	8	9
串行接口(个)	0	1	1	1	1
M 加密(级)	2	2	3	3	3
片内振荡器	有	有	有	有	有
EEPROM(KB)	无	无	无	无	2

2.2 AT89C52 单片机的结构框图

2.2.1 AT89C52 单片机的基本结构框图

图 2-1 是 AT89C52 单片机的基本结构框图。它主要包括以下几个部分，各部分之间通过系统内部总线相连接。

- (1) 1 个 8 位中央处理单元(CPU)，负责运算和控制各个功能部件。
- (2) 片内 Flash 存储器，用来存放程序或一些原始数据和表格，可重复编程，可进行 1000 次擦写操作。
- (3) 片内 RAM，用来存放经常读、写的数据，如某些计算的中间结果等。
- (4) 4 个 8 位的双向可寻址 I/O 口，每个口既可以用做输入，也可以用做输出。
- (5) 1 个全双工口 UART(通用异步接收模式)的串行接口，通过它可以和计算机或其他外设进行通信。
- (6) 3 个 16 位的定时/计数器，用来对外部事件进行计数，也可以设置成定时器，并根据计数或定时的结果对单片机进行控制。
- (7) 多个优先级的嵌套中断结构，8 级中断，并可实现多个优先级的嵌套。
- (8) 一个片内振荡器和时钟电路，最高允许 24 MHz 的振荡频率。

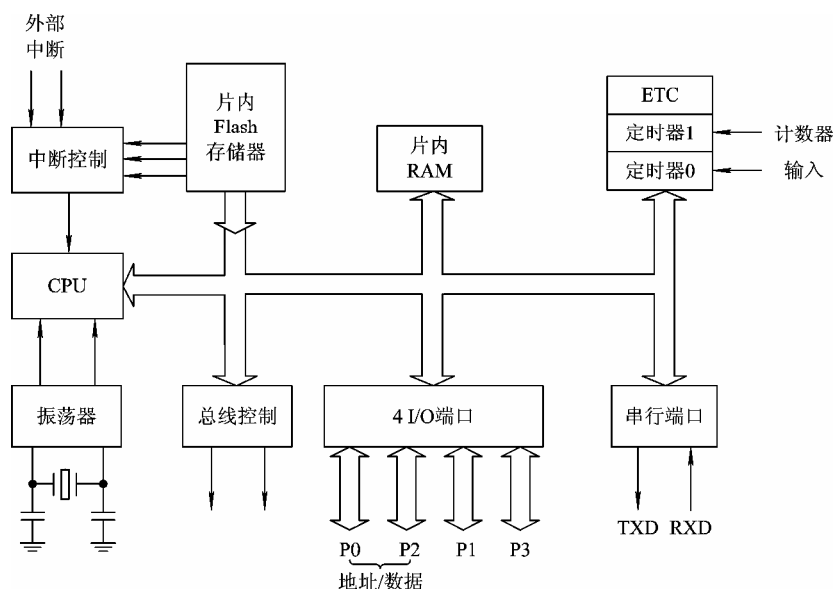


图 2-1 AT89C52 单片机的基本结构框图

在 AT89C52 单片机结构中，最显著的特点是其内部含有 Flash 存储器，其他方面的结构和 Intel 公司的 MCS-8052 的结构区别不大。

AT89C52 单片机是 CMOS 产品，它继承了 CMOS 产品低功耗的特点。ATMEL 公司的 Flash 单片机有两种产生低功耗的方式：空闲方式 (Idle Mode) 和掉电方式 (Power Down

Mode)。在空闲方式下，CPU 停止工作，RAM 和其他片内的部件(振荡器、定时/计数器、中断系统等)继续工作，此时的电流大约是正常工作方式下的 15%。在掉电方式下，只有片内 RAM 的内容被保持，片内其他的所有部件都停止工作，一切功能都停止，这种方式下的电流可降到 15 μA 以下，最低可降到 0.6 μA 。

2.2.2 AT89C52 单片机的内部结构框图

图 2-2 是 AT89C52 单片机的内部结构框图。

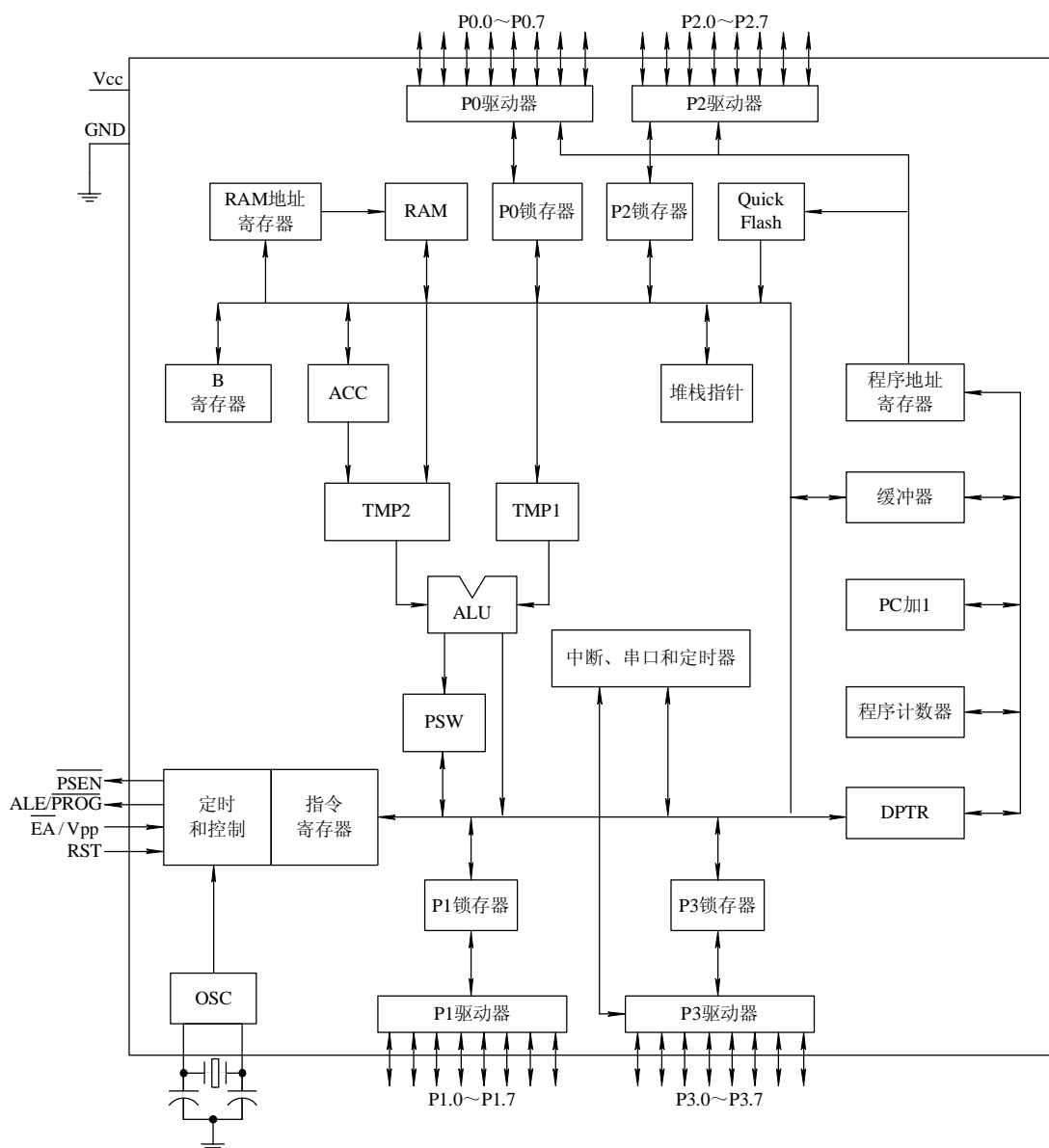


图 2-2 AT89C52 单片机的内部结构框图

2.2.3 AT89C52 单片机的封装、引脚及其片外总线结构

图 2-3 是 AT89C52 单片机的引脚结构图，它有双列直插式的 PDIP 封装、方形的 PLCC 封装和 PQFP/TQFP 封装。

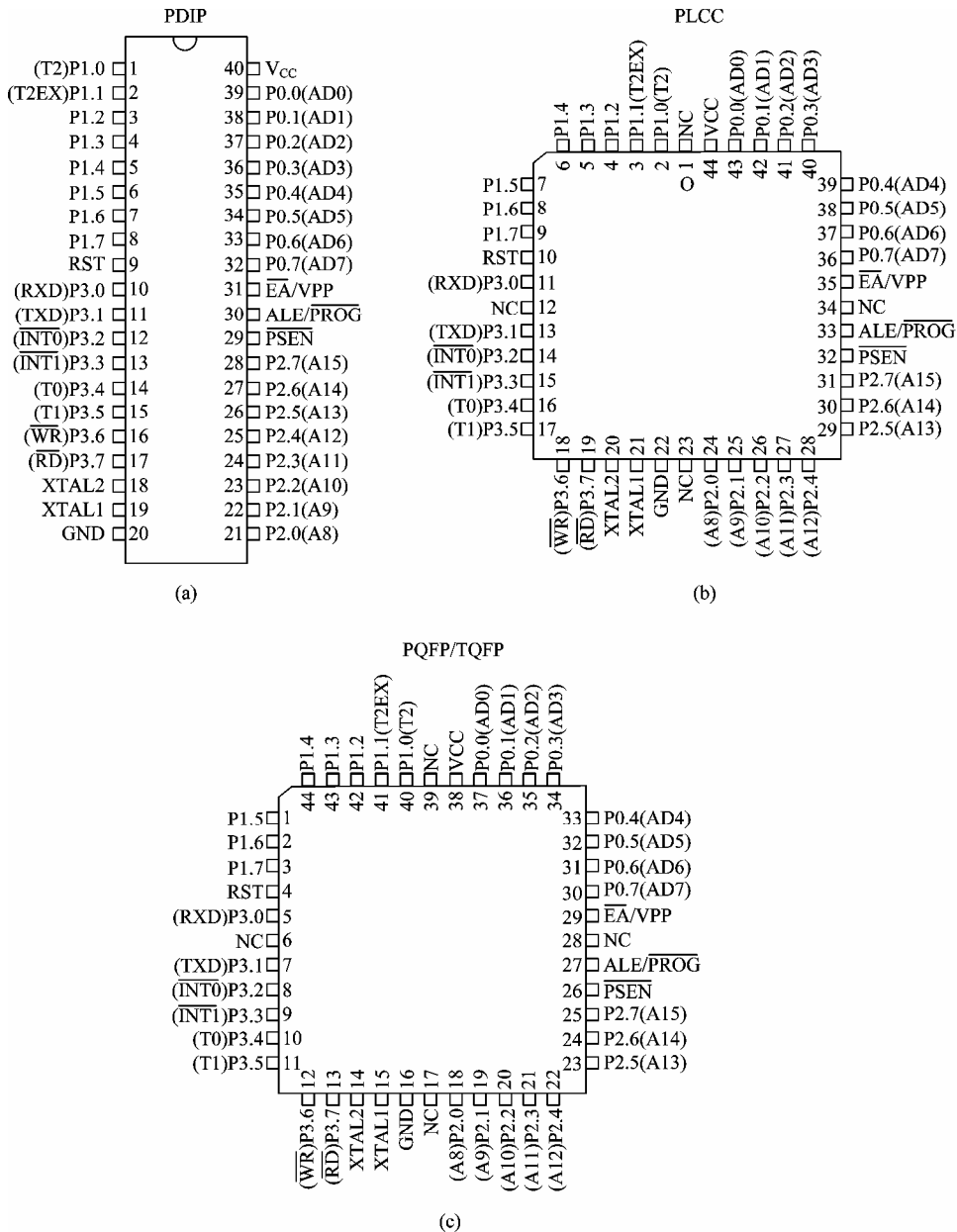


图 2-3 AT89C52 单片机的引脚及封装

(a) PDIP 封装; (b) PLCC 封装; (c) PQFP/TQFP 封装

1. 引脚功能说明

AT89C52 单片机的 PDIP 封装是 40 脚。PLCC 和 PQFP/TQFP 封装是 44 脚，比 PDIP