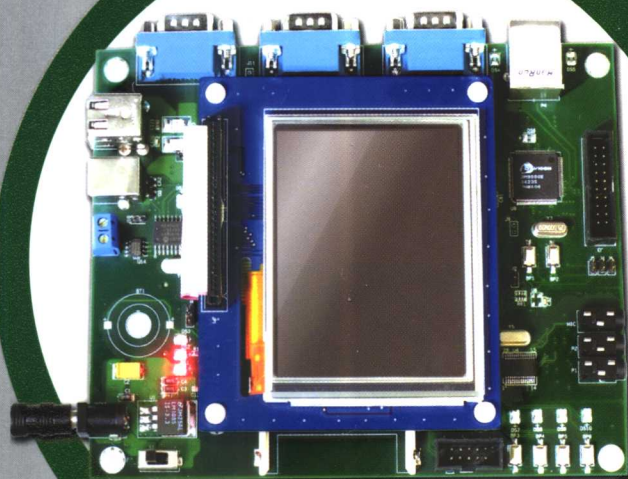


晁 阳◎编著

单片机MCS-51

原理及应用开发教程

- ◆ 知晓理论 掌握方法 应用实践
- ◆ 典型实例 重点突出 实用性强
- ◆ 选材恰当 深入浅出 可读性强



清华大学出版社

单片机 MCS-51 原理及应用开发教程

晁 阳 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书围绕 MCS-51 介绍单片机的原理及应用。内容包括单片机概述、MCS-51 单片机结构、指令系统、内部并行口、中断系统和定时器/计数器、串行 IO 口、汇编语言程序设计、常用汇编语言程序实例、C51 语言程序设计、系统扩展技术、单片机接口技术、开发系统、常用串行总线、单片机应用系统的设计方法和技术,以及单片机开发系统,并附有实验案例。本书是在参考了各种系列单片机的最新资料、吸取了单片机开发应用的最新成果后编写而成的。

全书具有较强的系统性、先进性和实用性。内容选材精练,论述简明,例题及实验适合实际应用。本书可作为广大工程技术人员学习单片机应用技术的参考书,也可作为高等院校计算机科学与技术、自动化、电子信息工程、机电一体化等本科专业单片机课程教学的参考资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

单片机 MCS-51 原理及应用开发教程/晁阳编著. —北京:清华大学出版社, 2007.10
ISBN 978-7-302-16155-4

I. 单… II. 晁… 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 147175 号

责任编辑:邹 杰 宋延清

装帧设计:杨玉兰

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:190×260 印 张:25.75 字 数:620 千字

版 次:2007 年 10 月第 1 版 印 次:2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:38.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026893-01

前 言

单片机也叫嵌入式微控制器，它的出现是计算机发展史上的重要里程碑，它具有体积小、功能强、可靠性高、价格低、性能稳定等优点，广泛应用于智能仪器仪表、自动控制、通信系统、家用电器等领域。了解单片机的知识并掌握其应用技术具有重要的意义。

目前，单片机的种类繁多，其中 MCS-51 单片机具有结构体系完整、指令系统功能完善和内部寄存器规范化等特色，在中国的单片机市场上一直是主流芯片。

本书是遵循“从实践中来，到实践中去”的原则编写的，力求系统、实用、新颖、内容齐全、面向工程实际。全书以 MCS-51 型单片机应用系统为主线，克服了以往单片机类书籍起点高、实践例子少等缺点，围绕系统的组成、设计和调试运行，全面地介绍了单片机系统结构的基本原理、MCS-51 指令系统、中断与定时器系统、串行通信技术、程序设计方法、接口技术、应用系统的扩展、设计方法与实用技术等知识，并附有符合实际应用的几个实验。通过学习本书，可使学生、教师和科研人员较全面地掌握单片机的基础知识，为在各个领域中的应用打下坚实的基础。

本书以 MCS-51 系列单片机为中心，全面介绍单片机的原理及应用。全书共 15 章。

第 1 章介绍嵌入式系统与单片机的概念、单片机的发展、应用领域以及常用 MCS-51 单片机，使读者对单片机有一个初步的认识。

第 2 章介绍 MCS-51 系列单片机的内部结构、引脚功能、时序和工作方式。

第 3 章详细阐述 MCS-51 单片机的指令系统，包括指令格式、寻址方式、数据传送指令、算术运算指令、逻辑运算指令、位操作指令等，这一章是单片机软件编程的基础。

第 4~6 章重点阐述 MCS-51 系列单片机片内部的标准外围功能模块，主要包括并行 I/O 接口、中断系统、定时器/计数器和串行通信接口等。

第 7 章从应用角度出发，讨论单片机汇编语言程序的设计方法，包括汇编语言程序设计格式、过程、常用伪指令和程序结构。

第 8 章主要介绍汇编语言的常用实例，包括数码转换程序，定点数运算程序，查表程序，输入输出程序和散转程序。

第 9 章主要介绍用 MCS-51 语言开发单片机程序的方法以及用 C 语言与汇编语言的混合编程。

第 10 章介绍 MCS-51 单片机系统的扩展技术，首先介绍扩展原理，接着阐述程序存储器、数据存储器、并行接口、串行接口和定时器/计数器的扩展。

第 11 章详细论述 MCS-51 单片机人机交互接口技术及检测外部物理量和控制外部设备接口的的方法，其中包括 A/D、D/A、键盘、显示(LED 显示和液晶显示)、打印机等外部设备。

第 12 章主要介绍单片机常用的串行总线，包括 RS-232、RS-485、CAN、I²C 和 SPI 总线的原理。

第 13 章主要介绍单片机开发的设计方法和实用技术，包括一般方法的介绍、低功耗系统的设计、加密技术，及单片机的可靠性和抗干扰技术。

第 14 章主要介绍单片机开发系统的知识。



第 15 章为实验部分，在前面各章知识的基础上，介绍几个典型的实验，以帮助读者进一步加深对单片机知识的理解。

本书具有较强的系统性、先进性和实用性，包含丰富的符合实际应用的案例，讲解深入浅出、透彻、清晰。可供从事单片机开发、应用工作的工程技术人员参考，也可作为高等院校及各类培训班的教材。

本书由晁阳主编，参与本书编写的人员还有张婷、陈华明、代小华、鄢丹、王焕君、张昆、张文松等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中的疏漏与错误之处在所难免，恳请广大读者指正。

编 者

目 录

第 1 章 单片机概述.....1	2.5 单片机的存储器配置..... 25
1.1 嵌入式系统与单片机.....1	2.5.1 存储器空间..... 26
1.1.1 嵌入式系统的概念.....1	2.5.2 程序存储器..... 26
1.1.2 单片机的概念.....2	2.5.3 数据存储器..... 27
1.1.3 单片机的优点.....2	2.6 单片机的时钟电路与时序..... 33
1.1.4 单片机的应用领域.....3	2.6.1 时钟电路..... 33
1.1.5 单片机应用系统结构.....4	2.6.2 CPU 时序..... 35
1.2 单片机的历史与发展.....5	2.7 单片机的工作方式..... 38
1.2.1 单片机的发展概况.....5	2.7.1 复位与复位电路..... 38
1.2.2 单片机的发展趋势.....6	2.7.2 程序执行方式..... 39
1.3 常用 MCS-51 单片机及兼容机简介.....7	2.7.3 掉电保护方式..... 40
1.3.1 Intel 公司 MCS-51 系列单片机7	2.7.4 CHMOS 型单片机节电工作 方式..... 41
1.3.2 Atmel 公司 MCS-51 系列兼容 单片机.....8	2.7.5 编程和校验方式..... 43
1.3.3 Philips 公司 MCS-51 系列兼容 单片机..... 10	第 3 章 MCS-51 单片机指令系统..... 44
1.3.4 Dallas 公司 MCS-51 系列兼容 单片机..... 11	3.1 指令格式..... 44
1.3.5 Winbond 公司 MCS-51 系列兼容 单片机..... 12	3.1.1 数据操作..... 44
第 2 章 MCS-51 单片机结构组成..... 14	3.1.2 指令类型..... 44
2.1 单片机的硬件结构..... 14	3.1.3 常用符号说明..... 45
2.1.1 硬件结构的特点..... 14	3.2 寻址方式..... 45
2.1.2 MCS-51 单片机片内总体 结构..... 17	3.2.1 直接寻址..... 46
2.2 单片机的引脚功能..... 19	3.2.2 立即寻址..... 46
2.2.1 电源及时钟引脚..... 19	3.2.3 寄存器寻址..... 47
2.2.2 控制引脚..... 20	3.2.4 寄存器间接寻址..... 47
2.2.3 接口引脚..... 20	3.2.5 基址寄存器加变址寄存器 间接寻址..... 48
2.3 单片机外部结构..... 22	3.2.6 位寻址..... 48
2.4 单片机的中央处理器..... 23	3.2.7 相对寻址..... 49
2.4.1 运算器..... 23	3.3 MCS-51 单片机指令系统..... 49
2.4.2 定时控制部件..... 23	3.3.1 数据传送指令..... 49
2.4.3 专用寄存器组..... 24	3.3.2 算术运算指令..... 54
	3.3.3 逻辑运算指令..... 58
	3.3.4 布尔(位)操作指令..... 61
	3.3.5 控制转移指令..... 63

第4章 内部并行 I/O 口	70	5.5.3 定时器/计数器方式选择 寄存器 TMOD	87
4.1 P0 口的结构和功能	70	5.5.4 定时器/计数器控制 寄存器 TCON	88
4.1.1 结构	70	5.6 定时器/计数器的 4 种工作方式	88
4.1.2 P0 口作通用 I/O 口	70	5.6.1 方式 0	88
4.1.3 P0 口作地址/数据总线	71	5.6.2 方式 1	90
4.2 P1 口的结构和功能	72	5.6.3 方式 2	90
4.2.1 结构	72	5.6.4 方式 3	91
4.2.2 功能	72	5.7 定时器/计数器应用	92
4.3 P2 口的结构和功能	73	5.7.1 初始化步骤	92
4.3.1 结构	73	5.7.2 定时器/计数器初值计算方法	93
4.3.2 P2 口作通用 I/O 口	73	5.7.3 应用举例	93
4.3.3 P2 口作地址总线	73	第6章 串行通信	95
4.4 P3 口的结构和功能	74	6.1 串行口通信基础	95
4.4.1 结构	74	6.1.1 串行通信的分类	95
4.4.2 P3 口作通用 I/O 口	74	6.1.2 串行通信的制式	97
4.4.3 P3 口作第二功能使用	74	6.2 串行口的结构和功能	98
4.5 并行 I/O 口的应用	75	6.3 串行口控制寄存器	99
4.5.1 作为通用 I/O 口的应用	75	6.3.1 串行口控制寄存器 SCON 的 格式	99
4.5.2 简单 I/O 口的扩展应用	75	6.3.2 SCON 各位的定义	99
4.5.3 复杂 I/O 口的扩展应用	76	6.3.3 串行口电源控制寄存器 PCON 的 格式	100
4.6 接口的使用原则	76	6.4 串行口的工作方式	101
第5章 单片机的中断系统 和定时器/计数器	78	6.4.1 方式 0	101
5.1 中断、中断源及中断请求标志	78	6.4.2 方式 1	102
5.1.1 中断的概念	78	6.4.3 方式 2 和方式 3	103
5.1.2 中断源	79	6.4.4 常用波特率表	103
5.1.3 中断请求标志所在的特殊 功能寄存器	80	第7章 MCS-51 汇编语言程序设计	104
5.2 中断控制寄存器	82	7.1 编程语言设计	104
5.2.1 中断允许寄存器 IE	82	7.1.1 程序设计过程	104
5.2.2 中断优先级寄存器 IP	83	7.1.2 汇编语言程序设计格式	105
5.3 中断优先级结构和中断工作过程	83	7.1.3 MCS-51 的伪指令	105
5.3.1 中断优先级结构	83	7.1.4 汇编语言源程序的编程 和汇编	107
5.3.2 中断系统的工作过程	85	7.2 汇编语言程序的结构	107
5.4 外部中断的响应时间	85		
5.5 定时器/计数器	85		
5.5.1 定时器/计数器的功能	86		
5.5.2 定时器/计数器的结构	86		

7.2.1	程序总体构成.....	108
7.2.2	顺序结构程序.....	110
7.2.3	分支程序.....	111
7.2.4	循环程序.....	113
第 8 章	汇编语言程序举例.....	116
8.1	数码转换程序.....	116
8.1.1	二进制码转换为 ASCII 码.....	116
8.1.2	ASCII 码转换为二进制码.....	118
8.1.3	二进制码到 BCD 码的转换.....	118
8.1.4	BCD 码到二进制码的转换.....	120
8.2	定点数运算程序.....	124
8.2.1	定点数表示方法.....	124
8.2.2	定点数加减运算.....	127
8.2.3	定点数乘法运算.....	129
8.2.4	定点数除法.....	134
8.3	查表程序.....	138
8.4	输入输出程序.....	143
8.4.1	并行接口应用程序.....	143
8.4.2	定时器应用程序.....	146
8.5	散转程序.....	147
8.5.1	使用转移指令.....	147
8.5.2	使用地址偏移量表的散转程序.....	148
8.5.3	使用转向地址表的散转程序.....	149
第 9 章	单片机高级语言 C51 的应用.....	150
9.1	C51 编程语言简介.....	150
9.1.1	C51 的程序结构.....	151
9.1.2	C51 的数据类型与运算.....	151
9.1.3	数据的存储器类型和存储器模式.....	154
9.1.4	C51 对 SFR、可寻址位、存储器和 I/O 接口的定义.....	158
9.1.5	C51 的运算符.....	159
9.1.6	函数.....	163
9.2	C51 程序的开发过程.....	164
9.2.1	Keil C51 集成开发环境介绍.....	166
9.2.2	C51 单片机程序编写举例.....	170

9.2.3	汇编语言与 C 语言混合编程.....	176
第 10 章	MCS-51 系统扩展技术.....	180
10.1	MCS-51 系统扩展原理.....	180
10.1.1	线选法.....	181
10.1.2	全译码法.....	183
10.1.3	部分译码法.....	184
10.1.4	扩展存储器时应考虑的几个问题.....	186
10.2	程序存储器的扩展.....	187
10.2.1	常用的程序存储器.....	187
10.2.2	常用的译码器、锁存器.....	191
10.2.3	MCS-51 程序存储器的扩展.....	193
10.3	数据存储器的扩展.....	196
10.3.1	常用的静态数据存储器.....	197
10.3.2	MCS-51 数据存储器扩展.....	198
10.3.3	非易失性数据存储器(NVRAM)的扩展.....	200
10.4	并行接口的扩展.....	202
10.4.1	可编程并行 I/O 接口芯片 8255A 的扩展.....	202
10.4.2	可编程芯片 8155/8156 的扩展.....	203
10.4.3	用串行口扩展并行口.....	204
10.4.4	用 74LSTTL 扩展并行 I/O 接口.....	206
10.5	串行接口的扩展.....	207
10.5.1	8251 介绍.....	208
10.5.2	8251 与单片机的接口方法.....	209
10.5.3	8251 串行口的应用.....	210
10.6	定时器/计数器的扩展.....	212
10.6.1	8253 介绍.....	212
10.6.2	8253/8254 与 MCS-51 单片机的接口方法.....	214
10.6.3	定时器/计数器的应用.....	215
第 11 章	MCS-51 单片机常用接口技术.....	217
11.1	A/D 转换器接口技术.....	217
11.1.1	A/D 转换器的原理.....	218



11.1.2 常用 A/D 转换器.....	220	12.1.3 RS-232C 应用举例.....	284
11.2 D/A 转换器接口技术.....	230	12.2 RS-422/485 标准总线及应用.....	285
11.2.1 D/A 转换器原理.....	231	12.3 CAN 总线.....	286
11.2.2 常用 D/A 转换器.....	232	12.4 I ² C 总线.....	290
11.3 键盘接口技术.....	237	12.5 SPI 总线.....	295
11.3.1 键盘工作原理.....	237	第 13 章 单片机应用系统的设计方法	
11.3.2 键盘的接口电路.....	239	和技术.....	297
11.3.3 键盘工作方法和扫描方式.....	240	13.1 单片机应用系统开发的一般方法.....	297
11.3.4 矩阵键盘识别举例.....	242	13.1.1 总体设计.....	297
11.3.5 键盘的编码.....	249	13.1.2 硬件设计.....	298
11.3.6 常用的专用键盘芯片.....	249	13.1.3 软件设计.....	299
11.4 LED 显示接口技术.....	249	13.1.4 系统调试.....	300
11.4.1 LED 显示器的结构和原理.....	250	13.2 单片机应用系统的低功耗设计.....	301
11.4.2 LED 显示器的接口及显示		13.3 加密技术.....	302
方式.....	251	13.4 可靠性与抗干扰技术.....	305
11.4.3 8×8 点阵式 LED.....	253	13.4.1 应用系统的可靠性.....	305
11.4.4 专用芯片 BC7281 键盘显示器		13.4.2 抗干扰技术概述.....	309
接口实例.....	256	13.4.3 单片机系统的硬件抗干扰	
11.5 液晶显示接口技术.....	264	技术.....	312
11.5.1 段式液晶显示器.....	264	13.4.4 单片机系统的软件抗干扰	
11.5.2 点阵式液晶显示器.....	270	技术.....	321
11.6 打印机接口技术.....	277	第 14 章 单片机开发系统.....	338
11.6.1 RD-D 型热敏打印机的主要		14.1 单片机开发系统概述.....	338
技术性能.....	277	14.2 仿真器介绍.....	338
11.6.2 RD-D 型打印机的并行		14.2.1 仿真开发系统的种类.....	338
接口.....	278	14.2.2 仿真器的功能.....	340
11.6.3 RD-D 型打印机的串行		14.3 单片机应用系统的调试.....	343
接口.....	278	14.3.1 硬件的调试方法.....	343
11.6.4 字符代码及打印命令.....	279	14.3.2 软件调试方法.....	344
11.6.5 RD 系列打印机与 MCS-51		14.4 单片机开发系统举例.....	345
单片机接口.....	279	第 15 章 单片机实验部分.....	354
11.6.6 示例程序.....	280	15.1 定时器/计数器的应用训练.....	354
第 12 章 单片机常用串行总线.....	282	15.1.1 实验内容.....	354
12.1 RS-232C 串行总线.....	282	15.1.2 实验方法.....	354
12.1.1 RS-232C 串行通信标准		15.1.3 实验程序.....	355
及应用.....	282	15.2 中断的应用及编程.....	357
12.1.2 MCS-51 的 RS-232C 通信			
接口.....	284		

15.2.1 实验内容	357	15.5.4 实验程序	375
15.2.2 实验方法	357	15.6 可燃性气体报警仪的设计	376
15.2.3 实验原理图	357	15.6.1 实验内容	376
15.2.4 实验程序	358	15.6.2 实验方法	377
15.3 串行口的扩展应用	359	15.7 实现简单的音乐发生器	385
15.3.1 串行口扩展显示器	359	15.7.1 实验内容	385
15.3.2 串行口扩展键盘	360	15.7.2 实验方法	386
15.4 串行通信的应用	362	15.7.3 实验原理图	387
15.4.1 中断方式下的双机通信	362	15.7.4 实验程序	389
15.4.2 计算机与单片机的通信	364	15.8 用单片机实现语音录放	392
15.5 单片机与红外设备接口	371	15.8.1 实验内容	392
15.5.1 实验内容	371	15.8.2 实验方法	392
15.5.2 实验方法	371	15.8.3 实验原理图	393
15.5.3 实验原理图	372	15.8.4 实验程序	398

第 1 章 单片机概述

单片机的出现是计算机技术发展史上的一个重要里程碑，它使计算机从海量数值计算用途发展到智能化控制用途。从此，计算机技术在两个重要领域——通用计算机领域和嵌入式(Embedded)计算机领域都获得了极其重要的进展。

1.1 嵌入式系统与单片机

嵌入式系统的出现，改变了计算机技术主要应用于数值计算领域的局面，单片机则是一种经典的嵌入式系统。

1.1.1 嵌入式系统的概念

计算机控制技术在通信、测控、数据传输等领域中的应用，与单纯的高速海量计算要求不同——表现在直接面向控制对象、嵌入到具体的应用中，而不以计算机的面貌出现；能在现场可靠地运行；体积小，应用灵活；突出控制功能，特别是对外部信息的捕捉和丰富的 I/O 功能等。面向测控对象、嵌入到实际应用系统中、实现嵌入式应用的计算机被称为嵌入式计算机系统，简称嵌入式系统(Embedded System)。

与通用计算机系统相比，嵌入式系统最显著的特点是面向工控领域的测控对象。这一特点决定了它与通用计算机在技术发展道路上的本质差别。工控领域测量对象都是一些物理参量，如力、热、速度、加速度、位移等，控制对象都是一些机械参量，这些参量要求嵌入式计算机系统采集、处理、控制的速度是有限的，而对控制方式与控制能力的要求是无限的。与之相反，在通用计算机系统中，为了实现海量高速数值计算，对计算机运行速度的要求是无限的，而对计算机的控制功能要求是有限的。虽然涉及 DSP(Data Signal Processor)领域的嵌入式系统也要求高速处理能力，且对涉及多媒体技术的外设管理通用计算机系统也要求良好的控制能力，但两者的本质差别则是显而易见的，这从典型嵌入式系统——单片机的“8 位机现象”中得到了证实。从 1976 年 8 位单片机诞生以来，在单片机领域中一直是以 8 位机为主流机型，预计这种情况还将继续下去。而与之相对应的通用计算机的 CPU 却迅速从 8 位过渡到 16 位、32 位，并向 64 位挺进。

嵌入式系统的出现，特别是单片机的出现，是计算机技术发展史上的一个里程碑。嵌入式计算机系统与通用计算机系统形成了计算机技术发展的两大分支。通用计算机系统全力实现海量高速数据处理，兼顾控制功能；嵌入式系统则全力满足测控对象的测控功能，兼顾数据处理能力。两大分支的形成与发展实现了近代计算机技术的突飞猛进。

嵌入式计算机系统是面向测控对象嵌入到应用系统中的计算机系统的统称。嵌入式系统通常可以包含工控计算机、通用 CPU 模块、嵌入式微处理器(Embedded Micro Processor)和嵌入式微控制器(Embedded Micro Controller)。前两者是基于通用 CPU 的计算机系统；后两者则是芯片形态的计算机系统。嵌入式微控制器是嵌入式系统概念广泛使用后，给传统单片机定



位的称呼。

1.1.2 单片机的概念

单片机从体系结构到指令系统都是按照嵌入式应用特点而专门设计的, 它能最好地满足面向控制对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行以及非凡的控制品质等要求。因此, 单片机是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。

一般而言, 计算机的硬件系统无论规模大小、性能高低, 都是由运算器、存储器、输入设备、输出设备以及控制器等单元组成。在通用计算机中, 这些单元被分成若干块独立的芯片, 通过电路连接而构成一台完整的计算机。

单片机的结构特征是将组成计算机的基本部件集成在一块芯片上, 构成一台功能独特的、完整的单片微型计算机。这成为单片机刚出现时这一类芯片的典型特征, 因此, 就以 Single Chip Microcomputer 来称呼这一类芯片, 中文译为“单片机”, 这在当时是一个准确的表达。但随着单片机技术的不断发展, “单片机”已无法确切地表达其内涵, 国际上已逐渐采用 MCU(Micro Controller Unit)来称呼这一类计算机, 并成为单片机界公认的、最终统一的名词。但国内由于多年来一直使用“单片机”的称呼, 已约定俗成, 所以目前仍采用“单片机”这一名词, 但应将单片机的“机”理解成微控制器而不是微计算机。

由于单片机有为嵌入式应用设计的专用体系结构和指令系统, 因此有良好的发展前景, 在其基本体系结构上, 可衍生出能满足各种应用系统要求的兼容系统。用户可根据应用系统的各种要求, 广泛选择最佳型号的单片机。目前, 国内外公认的标准体系结构是 Intel 公司的 MCS-51 系列, 其中 8051 已被许多厂家作为基核, 发展了许多兼容系列, 所有这些系列都统称为 8051 系列。

单片机是完全按嵌入式系统要求设计的单芯片形态的嵌入式系统, 它广泛地应用在中、小型工控领域, 是电子系统智能化的重要工具。

1.1.3 单片机的优点

与一般的微型计算机相比, 单片机由于其独特的结构决定了它具有以下优点。

1. 集成度高、体积小、功能强、速度快

在一块芯片上集成了构成一台微型计算机所需的 CPU、ROM、RAM、I/O 接口以及定时器/计数器等部件, MCS-51 单片机指令系统中为适应控制的需要设有极强的位处理功能, 且有多机通信功能, 能满足很多应用领域对硬件的功能要求。因此由单片机组成的应用系统结构简单, 体积小。

单片机面向控制, 它的实时控制功能特别强, CPU 可以直接对 I/O 接口进行各种操作, 能有针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务。CPU 时钟高达 12MHz, 完成单字节乘法或除法运算仅需要 4 μ s, 速度很快。

2. 功耗低、抗干扰能力强

为了满足广泛使用的便携式系统的要求, 许多单片机内的工作电压仅为 1.8~3.6V, 而工作电流仅为数百微安。单片机内 CPU 访问存储器、I/O 接口的信息传输线(即总线)大多数在芯

片内部,因而不受外界的干扰,另一方面,由于单片机体积小,适应温度范围宽,在应用环境比较差的情况下,容易采取对系统进行电磁屏蔽等措施。

3. 使用方便

单片机内部功能强,系统扩展方便,因此其应用系统的硬件设计非常简单,而且国内外提供很多种单片机开发工具,它们具有很强的软硬件调试功能和辅助设计的手段,这使单片机的应用极为方便,大大缩短了系统研制的周期。还可方便地实现多机和分布式控制,使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

4. 性能价格比高

由于单片机生产批量大、成本低,其应用系统的印制电路板小、接插件少和安装调试简单等一系列原因,使单片机应用系统比一般的微型计算机系统具有更好的性价比。为了提高单片机速度和运行效率,已大量采用精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)流水线和数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)等技术。

5. 单片机有工业级芯片,可靠性高,容易产品化

一般微处理器和有关元件分军用、工用和民用三级,工业产品的可靠性比民用产品强,价格比军用产品低,在单片机应用中,可以根据实际工作环境,选择工业级芯片,保证系统的可靠性。单片机的以上特性,缩短了由单片机应用系统样机至正式产品的过渡过程,使科研成果能迅速地转化为生产力。

1.1.4 单片机的应用领域

正是由于单片机具有上述特点,因此它已成为科技领域的智能化工具,在许多行业中得到了广泛应用。现将单片机的应用大致归纳为以下几个方面。

1. 单片机在智能仪器仪表中的应用

单片机具有体积小、功耗小、功能强等特点,因此广泛应用于各类仪器仪表中(包括电压、频率、温度、湿度、流速、位移、压力等的测定)。引入单片机可使仪器仪表数字化、智能化、微型化,提高测试的自动化程度和精度。例如微机多功能电位分析仪、微机温度测控仪、智能电度表、智能流速仪等。

2. 单片机在工业测控中的应用

单片机广泛应用于工业过程监测、过程控制、工业控制器、机电一体化控制系统等。例如 MCS-51 单片机控制电镀生产线、温室的温度自动控制系统、报警系统控制、工业机器人的控制系统等。

3. 单片机在日常生活及家电中的应用

单片机越来越广泛地应用于日常生活中的智能电气产品及家电中。例如洗衣机、电冰箱、彩色电视机、心率监护仪、空调、微波炉、电饭煲、银行计息计算机、收音机、音响、电风扇、电子秤等。



4. 单片机在计算机网络与通信技术中的应用

单片机的通信接口为其在计算机网络与通信设备中的应用提供了良好的条件。例如单片机控制的串行自动应答系统、列车无线通信系统、单片机无线遥控系统等。

5. 单片机在其他方面的应用

除以上各种应用外，单片机还广泛应用于办公自动化领域、汽车自动驾驶系统、计算机外部设备、航空/航天器的电子系统等。

1.1.5 单片机应用系统结构

单片机嵌入到对象环境、结构、体系中作为其中的一个智能化控制单元，构成各种嵌入式应用的电路系统，统称为单片机应用系统。单片机应用系统中包括了满足对象要求的全部硬件电路和应用软件。

单片机应用系统结构通常分为如图 1.1 所示的 3 个层次，即单片机、单片机系统、单片机应用系统。

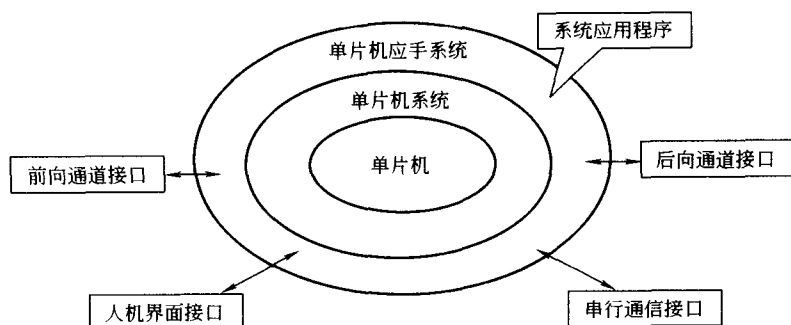


图 1.1 单片机应用系统结构的 3 个层次

1. 单片机

通常是应用系统的主机，设计单片机应用系统时，为所选择的某种系列的单片机器件。

2. 单片机系统

按照所选择的单片机，以及单片机的技术要求和嵌入对象对单片机的资源要求构成单片机系统。按照单片机要求在外部配置单片机运行所需要的时钟电路、复位电路等，构成了单片机的最小系统；当单片机中 CPU 外围电路不能满足嵌入对象功能要求时，可在单片机外部扩展 CPU 外围电路，如存储器、定时器/计数器、中断源等，形成能满足具体嵌入应用的一个计算机系统。

3. 单片机应用系统

单片机应用系统是满足嵌入式对象要求的全部电路系统。它在单片机系统的基础上配置了面向对象的接口电路。在单片机应用系统中，面向对象的接口电路有以下几种。

(1) 前向通道接口电路。这是应用系统面向检测对象的插入接口。通常是各种物理量的

传感器、变换器的输入通道。根据电量输出信号类型(如小信号模拟电压、大信号模拟电压、开关信号、数字脉冲信号等)的不同,接口电路也不同。通常有信号调理器、模/数转换器 ADC、开关输入、频率测量接口等。

(2) 后向通道接口电路。这是应用系统面向控制对象的输出接口。根据伺服控制要求,通常有数字/模拟转换器 DAC、开关输出、功率驱动接口等。

(3) 人机界面接口电路。人机界面接口是满足应用系统人机交互需要的电路,例如键盘、显示器、打印机、码盘等输入输出接口电路。

(4) 串行通信接口。串行通信接口是满足远程数据通信或构成多机网络系统的接口,例如标准的 RS232C、RS422/485 以及现场总线 CAN BUS 等。

随着单片机技术的发展,单片机的功能不断增强,集成度的提高、系统集成技术的应用,使单片机逐渐向外层扩展。最明显的变化是单片机资源的扩展,外围接口电路进入片内,最终向单片应用系统集成发展。

单片机应用系统是目标系统;要形成最终产品,除硬件电路外,还须嵌入系统应用程序。

1.2 单片机的历史与发展

自 1971 年微处理器研制成功后不久,就出现了单片机发展非常繁荣的局面。单片机根据其基本操作处理的位数可以分为:1 位单片机、4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机和 32 位单片机。单片机经过 30 多年的发展,如今已经形成一个规格齐全、品种繁多的大家族,单片机的潜力越来越被人们所重视。特别是当前采用 CMOS 工艺制成的各种单片机,由于低功耗、使用的温度范围大、抗干扰能力强,能满足一些特殊应用场合的要求,更加扩大了单片机的应用范围,也进一步促进了单片机性能的发展。

1.2.1 单片机的发展概况

单片机的发展可以分为以下 4 个阶段。

第 1 阶段:单片机探索阶段。1974 年,美国 Fairchild(仙童)公司研制出世界上第一台单片微型计算机 F8,深受家用电器和仪器仪表领域的欢迎和重视,从此拉开了研制单片机的序幕。随后 Intel 公司推出了 MCS-48 单片机系列。其他一些公司如 Motorola、Zilog 等也先后推出了自己的单片机,取得了一定的成果。这一阶段,单片机被正式命名为 Single Chip Microcomputer。总的来说,它们性能较弱,属于低、中档产品。

第 2 阶段:单片机完善阶段。随着集成技术的提高以及 CMOS 技术的发展。单片机的性能也随之改善,高性能的 8 位单片机相继问世。1980 年 Intel 公司推出了 8 位高档 MCS-51 系列单片机,性能得到很大的提高,应用领域也大为扩展。

第 3 阶段:微控制器形成阶段。单片机要有许多面向测控对象的接口电路,如 ADC、DAC、高速 I/O 口、计数捕捉与比较、脉宽调制(PWM)、保证程序可靠运行的 WDT(看门狗定时器)、保证高速数据传输的 DMA 等。这些为满足测控要求的外围电路,大多数已超出了一般计算机体系结构的范畴。为了满足测控系统的嵌入式应用要求,这一阶段单片机的主要技术发展方向是满足测控对象要求的外围电路的增强,从而形成了不同于早期单片机特点的微控制器(MCU)。



第 4 阶段：微控制器充分发展阶段，即当前的单片机时代。其显著特点是百花齐放、技术创新，以满足不同用户的广泛需要。单片机面向最底层的电子技术应用，从玩具、小家电、工程控制单元到机器人、智能仪表、过程控制、个人信息终端等，推出了适合不同领域要求的单片机系列。专用型单片机也得到较大发展，早期单片机以通用为主，随着市场的扩大，单片机设计生产周期缩短、成本下降，推动了专用单片机的发展。专用单片机具有低成本、资源有效利用、系统外围电路少、可靠性高等优点。单片机的综合品质，如成本、性能、体系结构、开发环境、供应状态等都有了长足的进步。第 4 阶段的单片机使用户进入了一个可广泛选择的时代。

20 世纪 80 年代以后，单片机的发展非常迅速。从基本操作处理的数据位数来看，有 4 位、8 位、16 位、32 位甚至 64 位单片机。从技术上看，8 位、16 位、32 位和 64 位单片机各有其相应的应用领域和定位，可以预料，16 位、32 位及 64 位单片机将会越来越受到人们的重视，今后其应用会越来越多。但是衡量单片机，不仅要看其性能指标，而且还要看价格和开发周期等综合效益。在许多场合，4 位和 8 位机已经可以满足需要，而硬要用高档的 16 位及 32 位甚至 64 位单片机，可能会延长开发周期和增加费用。因此，在今后相当长一段时间，16 位、32 位及 64 位单片机只能不断扩大其应用范围，而不能代替 8 位机。

另外，由于 8 位单片机在性价比上占有优势，且 8 位增强型单片机在速度和功能上也可向现在的 16 位单片机挑战，所以，8 位单片机仍将在今后的一段时间里占主流地位。

尽管目前单片机品种繁多，但其中最为典型、销量最多的仍然是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机，它功能强大、兼容性强、软硬件资料丰富。国内也以此系列的单片机应用最为广泛。直到现在 MCS-51 仍不失为单片机中的主流机型，因此，本书将以讨论 MCS-51 系列单片机为主。

1.2.2 单片机的发展趋势

单片机的发展趋势是向着大容量化、高性能化、小容量/低价格化和外围电路内装化等几个方面发展。

(1) 大容量化：进一步扩大片内存储器的容量。以往单片机的片内程序存储器 ROM 为 1KB~4KB，片内数据存储器 RAM 为 128B~256B，在特殊的复杂控制场合，存储容量往往不够，因此不得不外接扩充。为适应特殊领域的要求，人们运用新工艺，使片内存储器大容量化，片内程序存储器 ROM 已扩大到 12KB 或更大，片内数据存储器 RAM 已扩大到 1MB。今后，随着工艺技术的不断发展，片内存储器的容量将会进一步扩大。

(2) 高性能化：主要是指进一步改进 CPU 的性能，加快指令运行速度，加强位处理功能、中断和定时控制功能，采用流水线技术，加快指令运算速度和提高系统控制的可靠性。

(3) 小容量/低价格化：是发展方向之一，这类单片机的用处是将以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化。

(4) 外围电路内装化：随着大规模集成电路的发展和集成度的不断提高，有可能把各种外围功能器件都集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外，片内集成的部件还有 A/D、D/A、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

随着集成工艺的不断发展，单片机的集成度将更高、体积将更小、功能将更强，其应用

前景将会更加广阔。

1.3 常用 MCS-51 单片机及兼容机简介

目前,在国内市场上,Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机已经比较少见,取而代之的是其他公司生产的 MCS-51 系列兼容单片机。这些公司主要有美国的 Dallas、AMD、Atmel、ADI 公司,荷兰的 Philips 公司,德国的 Siemens 公司,日本的 NEC 公司,韩国的 LG 公司以及我国台湾省的华邦(Winbond)公司等。以上各公司开发的 MCS-51 系列兼容单片机各具特色,它们的内部资源差异很大,在对原来 MCS-51 内核的改进上也不尽相同,每个公司都在其中加入了本公司的特有技术。单片机的发展非常迅速,可实现的功能也越来越多,不断有新的单片机产品问世。下面介绍一些常用的单片机系列产品。

1.3.1 Intel 公司 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司于 20 世纪 80 年代初在总结 MCS-48 系列单片机的基础上推出的高性能 8 位单片机。表 1.1 为 MCS-51 系列单片机常用产品特性一览表。

表 1.1 MCS-51 系列单片机常用产品特性一览表

型号	片内存储器(B)		I/O 线 (条)	定时/ 计数器	中断源 (个)	串行接口	A/D	PWM
	程序存储器	数据存储器						
8031		128	32	2×16	5	UART		
8051	4K ROM	128	32	2×16	5	UART		
8751	4K EPROM	128	32	2×16	5	UART		
80C31		128	32	2×16	5	UART		
80C51	4K ROM	128	32	2×16	5	UART		
87C51	4K EPROM	128	32	2×16	5	UART		
8032		256	32	3×16	6	UART		
8052	8K ROM	256	32	3×16	6	UART		
8752	8K EPROM	256	32	3×16	6	UART		
80C232		256	32	3×16	7	UART		
80C252	8K ROM	256	32	3×16	7	UART		
87C252	8K EPROM	256	32	3×16	7	UART		
80C552		256	40	3×16+WDT	15	UART、I ² C	8 通道 10 位	2 个 8 位
83C552	8K ROM	256	40	3×16+WDT	15	UART、I ² C	8 通道 10 位	2 个 8 位
87C552	8K EPROM	256	40	3×16+WDT	15	UART、I ² C	8 通道 10 位	2 个 8 位
80C592		512	40	3×16+WDT	15	UART CAN	8 通道 10 位	2 个 8 位
83C592	16K ROM	512	40	3×16+WDT	15	UART CAN	8 通道 10 位	2 个 8 位
87C592	16K EPROM	512	40	3×16+WDT	15	UART CAN	8 通道 10 位	2 个 8 位

提示:各表定时计数器一栏的单位是“个”,例如对应 8031 的 2×16 表示含两个 16 位的定时/计数器。