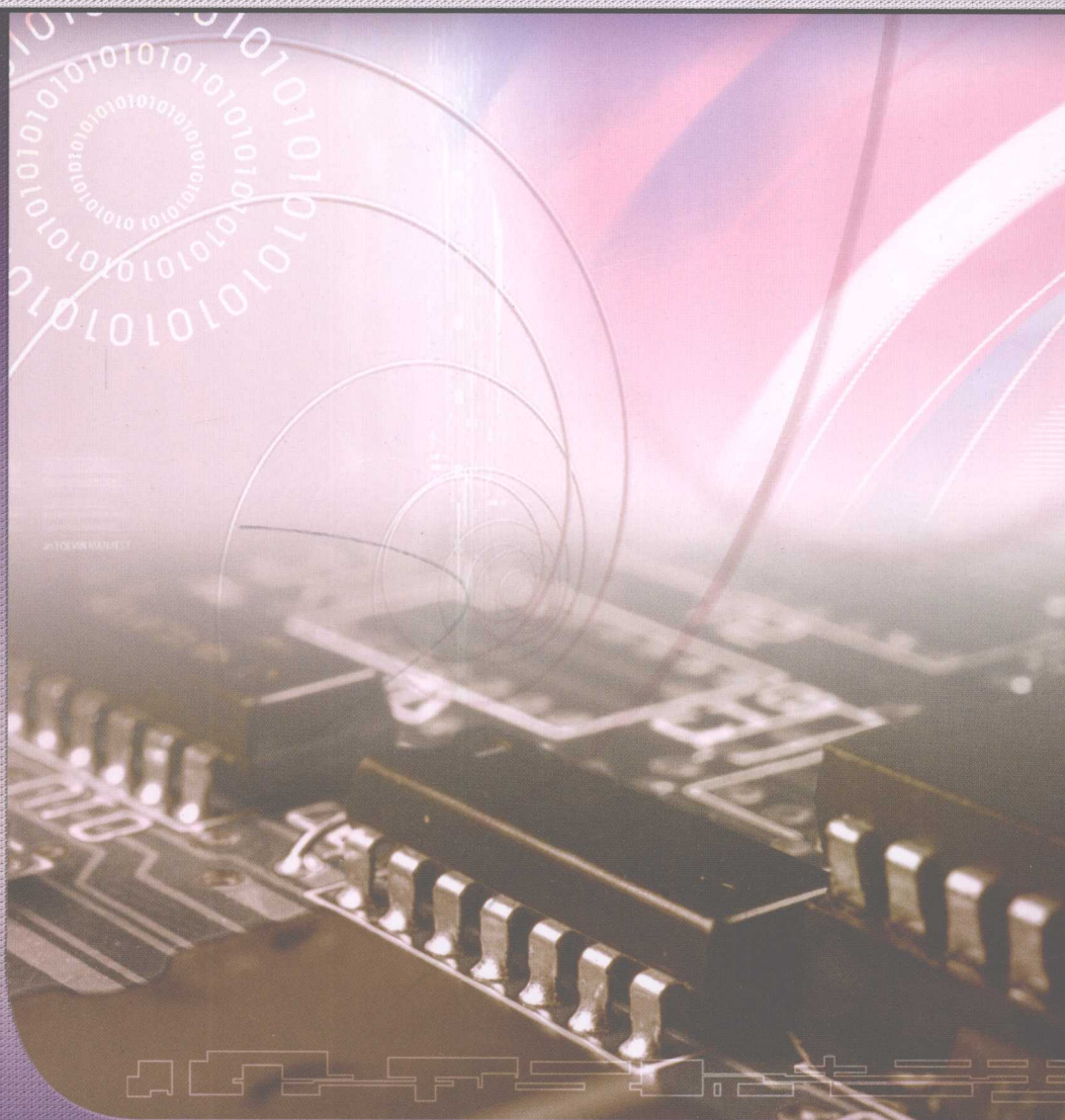




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等学校计算机教育规划教材

单片机原理及应用

何 桥 主编 段清明 邱春玲 副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

TP368.1/408

2008



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等学校计算机教育规划教材

单片机原理及应用

主 编 何 桥
副主编 段清明 邱春玲
编 委 马爱民 凌振宝 梁 燕

中国铁道出版社
北京
ISBN 978-7-113-08183-0
2008.12
16开
300页
30.00元

中国铁道出版社 CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

1. 80597
800

林琳收 内容简介 “普通高等教育”



本书系统地介绍了 MCS-51 单片机的工作原理及应用技术。主要内容包括：MCS-51 系列单片机的结构、原理、指令系统及汇编语言程序设计、中断系统、定时器/计数器、存储器的扩展、串行口、I/O 接口、A/D 和 D/A 接口、单片机高级语言 C51 程序设计与应用等相关知识。另外还简要介绍了 16 位单片机和新型 ARM 内核单片机，每章后面附有习题，便于读者巩固所学的知识。书后附有 MCS-51 指令表、ACSII 码表和芯片引脚图，以帮助读者拓展相关知识。

本书内容讲解通俗易懂、由浅入深、循序渐进，具有很强的实践性，被教育部评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”，特别适合作为大学本科教材，也可作为专科、函授和培训班等相关课程的教材，也适合工程技术人员和计算机爱好者自学之用。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/何桥主编. —北京：中国铁道出版社，2007.12

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-113-08185-0

I. 单… II. 何… 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 202200 号

书 名：单片机原理及应用

作 者：何 桥 段清明 邱春玲

出版发行：中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑：严晓舟 秦绪好

责任编辑：崔晓静 王艳霞

封面设计：路 瑶

封面制作：白 雪

印 刷：三河市华丰印刷厂

开 本：787×1092 1/16 印张：15.5 字数：360 千

版 本：2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数：1~5 000 册

书 号：ISBN 978-7-113-08185-0/TP·2522

定 价：24.00 元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签，无标签者不得销售

凡购买铁道版的图书，如有缺页、倒页、脱页者，请与本社计算机图书批销部调换。

单片机 (Single Chip Microcomputer) 又叫单片微型计算机, 是一种大规模集成电路芯片, 它把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口、定时器/计数器、中断系统等部件集成在同一芯片中。单片机的出现是计算机发展史上的重要里程碑, 单片机具有集成度高、体积小、功能强、可靠性高、价格低廉等优点, 广泛应用于工业测控、智能仪器仪表、网络通信、家用电器等领域中。单片机应用技术已成为一项新的工程应用技术, 具有广泛的发展前景。近年来, 尽管单片机应用技术得到了飞速发展, 单片机的性能在不断提高, 但到目前为止, 绝大部分应用领域仍然以应用 MCS-51 系列单片机为主。因此, 本教材主要讲述 MCS-51 系列单片机, 简介新型单片机的发展动态。通过学习本教材, 学生可以在掌握单片机原理及应用的基础上, 了解单片机最新技术和发展趋势。

本书以 MCS-51 系列单片机为典型, 系统地讲述了单片机的结构、工作原理和应用技术。全文结构紧凑, 章节编排合理, 语言简炼, 便于读者从硬件和软件相结合的角度把问题弄懂、弄透, 全面掌握 MCS-51 系列单片机的硬、软件使用技巧和开发应用工具。通过对这些内容的学习, 为学生和科研人员尽快掌握单片机在各个领域的应用打下坚实的基础。

全书共分 11 章。第 1 章、第 2 章介绍单片机的基础知识和结构, 第 3 章介绍 MCS-51 指令系统及汇编语言程序设计, 第 4 章介绍中断系统, 第 5 章介绍定时器/计数器, 第 6 章介绍 MCS-51 单片机存储器的扩展, 第 7 章~第 9 章介绍串行口、I/O 接口、A/D 和 D/A 接口, 第 10 章、第 11 章介绍单片机高级语言 C51 程序设计和应用。最后, 提供 3 个附录, 即 MCS-51 指令表、ASCII 码表、芯片的引脚图。

本书是作者从事几十年单片机技术教学、科研开发工作的总结。书中很多实例是从实际科研项目中精选出来的, 具有很强的实用性。本书在内容安排上由浅入深, 由易到难, 通俗易懂。理论与实践结合得较好, 突出易学实用的特点。本书可以作为大学本科教材, 也可作为专科、函授和培训班教材, 也是从事单片机开发应用的工程技术人员的一本很好的参考书。本书 2006 年被教育部评为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

由于编者水平有限, 书中难免会有疏漏和不妥之处, 恳请读者批评指正。

编者

2007 年 11 月

CONTENTS

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 单片机的发展概况	1
1.1.2 单片机的特点	2
1.1.3 单片机的应用领域	3
1.2 典型单片机系列简介	3
1.2.1 单片机系列简介	3
1.2.2 MCS-51 系列单片机简介	5
1.2.3 16 位单片机简介	6
1.2.4 ARM 内核单片机简介	8
习题一	10
第 2 章 MCS-51 单片机的结构	11
2.1 MCS-51 单片机的基本组成	11
2.1.1 8051 单片机的内部结构和功能	11
2.1.2 存储器结构	13
2.2 I/O 接口结构	18
2.2.1 P0 口结构及应用	18
2.2.2 P1 口结构及应用	20
2.2.3 P2 口结构及应用	20
2.2.4 P3 口结构及应用	21
2.3 MCS-51 单片机的引脚功能	21
2.3.1 引脚信号功能介绍	21
2.3.2 引脚信号的第二功能	22
2.4 时钟电路及工作方式	23
2.4.1 时钟电路	23
2.4.2 时序定时单位	23
2.4.3 MCS-51 指令时序	24
2.4.4 MCS-51 单片机的工作方式	25
2.5 MCS-51 单片机最小系统	27
习题二	28
第 3 章 MCS-51 指令系统及汇编语言程序设计	29
3.1 MCS-51 指令系统简介	29
3.2 MCS-51 指令系统的寻址方式	29
3.2.1 寄存器寻址	30
3.2.2 直接寻址	30

3.2.3	寄存器间接寻址	31
3.2.4	立即寻址	31
3.2.5	基址寄存器加变址寄存器间接寻址	31
3.2.6	相对寻址	32
3.2.7	位寻址	32
3.3	MCS-51 指令系统及一般说明	33
3.3.1	数据传送类指令	33
3.3.2	算术操作类指令	36
3.3.3	逻辑运算指令	39
3.3.4	控制转移类指令	42
3.3.5	位操作指令	45
3.4	汇编语言程序设计	46
3.4.1	汇编语言源程序的格式	46
3.4.2	MCS-51 单片机汇编语言程序设计举例	51
习题三		62
第 4 章	中断	64
4.1	中断技术	64
4.1.1	为什么应用中断技术	64
4.1.2	中断系统的功能	64
4.2	MCS-51 中断系统	65
4.2.1	MCS-51 中断源	66
4.2.2	MCS-51 中断控制	67
4.3	MCS-51 中断处理过程	69
4.3.1	中断响应	69
4.3.2	中断处理	70
4.3.3	中断返回	70
4.3.4	中断应用举例	70
4.3.5	中断请求标志的撤销	71
4.4	扩充外部中断的方法	72
4.4.1	用定时器扩充外部中断	72
4.4.2	中断与查询相结合	72
习题四		73
第 5 章	定时器/计数器	74
5.1	定时器/计数器概述	74
5.1.1	定时器/计数器内部结构	74
5.1.2	定时器/计数器的工作原理	74
5.1.3	定时器/计数器的控制字	75

801	5.2 定时器/计数器的工作方式及应用	76
801	5.2.1 定时器/计数器的初值计算	76
801	5.2.2 定时器/计数器的 4 种工作方式及应用	77
100	习题五	84
	第 6 章 MCS-51 单片机存储器的扩展	85
111	6.1 单片机扩展及系统结构	85
113	6.2 程序存储器 EPROM 的扩展	86
116	6.2.1 外部程序存储器的扩展原理及时序	86
118	6.2.2 常用地址锁存器	87
119	6.2.3 常用地址译码器	88
119	6.2.4 典型 EPROM 扩展电路	90
150	6.3 外部数据存储器的扩展	92
150	6.3.1 外部数据存储器的操作时序	92
151	6.3.2 常用的静态 RAM 芯片	93
152	6.3.3 64KB 以内静态 RAM 的扩展	94
152	6.3.4 超过 64KB 静态 RAM 的扩展	96
152	6.3.5 扩展既可读又可写的程序存储器	96
152	6.4 E ² PROM 扩展电路	96
152	6.4.1 E ² PROM 的应用特性	97
153	6.4.2 常用的 E ² PROM 芯片介绍	97
153	6.4.3 2817A 与单片机的接口电路设计	98
154	6.4.4 E ² PROM 2864A	99
152	习题六	99
	第 7 章 串行口	100
180	7.1 串行通信的基础知识	100
138	7.1.1 并行通信与串行通信	100
147	7.1.2 异步通信和同步通信	100
148	7.1.3 串行通信的制式	102
148	7.1.4 波特率	102
148	7.2 MCS-51 的串行 I/O 口及控制寄存器	103
152	7.2.1 串行口的结构	103
152	7.2.2 串行口的控制寄存器 SCON (98H)	103
152	7.2.3 电源控制寄存器 PCON (87H)	104
152	7.2.4 中断允许寄存器 IE (A8H)	105
161	7.2.5 中断优先级寄存器 IP (B8H)	105
163	7.3 串行口的工作方式	105
201	7.3.1 串行口方式 0	105
201	7.3.2 串行口方式 1	106
201	7.3.3 方式 2 和方式 3	107

7.4	波特率的设计	108
7.4.1	方式 0 和方式 2	108
7.4.2	方式 1 和方式 3	108
7.5	MCS-51 串行口的应用	109
7.5.1	利用串行口方式 0 作 I/O 口扩展	109
7.5.2	用串行口进行异步通信	111
7.5.3	MCS-51 双机异步通信	113
7.6	MCS-51 串行口的多机通信	116
	习题七	118
第 8 章	I/O 接口扩展设计及应用	119
8.1	I/O 扩展概述	119
8.2	MCS-51 单片机与可编程并行 I/O 芯片 8255A 的接口	120
8.2.1	8255A 芯片介绍	120
8.2.2	8255A 的 3 种工作方式及选择	121
8.2.3	接口应用举例	126
8.3	MCS-51 与可编程芯片 8155 的接口	127
8.3.1	8155 芯片介绍	127
8.3.2	8051 单片机与 8155 的接口及应用	132
8.4	TTL 芯片扩展简单的 I/O 接口	133
8.4.1	简单输入接口扩展	133
8.4.2	简单输出接口扩展	134
8.5	键盘/显示器接口芯片 8279	135
8.5.1	LED 显示器的工作原理	135
8.5.2	键盘接口原理	136
8.5.3	可编程键盘/显示接口 8279	138
	习题八	147
第 9 章	MCS-51 与 A/D、D/A 的接口	148
9.1	A/D 转换器的接口技术	148
9.1.1	并行输出 A/D 转换器接口	148
9.1.2	串—并行输出 ADC 与单片机的接口	155
9.1.3	串行输出 ADC 与单片机的接口	157
9.2	MCS-51 单片机与 8 位 D/A 转换器接口技术	159
9.2.1	DAC0832 的结构原理	159
9.2.2	8 位 D/A 转换器的接口方法	161
9.2.3	D/A 转换器的输出方式	163
9.3	MCS-51 单片机与 12 位 D/A 转换器的接口技术	165
9.3.1	DAC1210 的结构特点	165

801	9.3.2	8051 与 DAC1210 转换器的接口技术	166
801	9.3.3	无输入锁存器的 D/A 转换器与单片机的接口	167
901		习题九	168
第 10 章 单片机高级语言 C51 程序设计			169
000	10.1	C51 语言的特点及其程序结构	169
100	10.2	C51 语言的标识符和关键字	173
307	10.3	C51 语言的数据类型及运算符	175
709	10.3.1	C51 语言的数据类型	175
808	10.3.2	C51 语言的运算符	181
509	10.4	C51 语言的程序流程控制	182
110	10.4.1	if 语句	182
514	10.4.2	switch case 语句	183
410	10.4.3	while 循环语句	184
415	10.4.4	do...while 循环语句	184
610	10.4.5	for 循环语句	184
710	10.4.6	goto 语句	184
910	10.4.7	continue 语句	184
000	10.5	函数	185
100	10.5.1	中断服务函数与寄存器组的定义	185
200	10.5.2	函数的返回值	186
300	10.6	编译预处理命令	186
400	10.6.1	文件包含	186
500	10.6.2	宏定义	186
600	10.6.3	条件编译	187
700	10.6.4	用 typedef 重新定义数据类型的名称	187
800	10.7	C51 程序设计举例	187
900		习题十	191
第 11 章 高级语言 C51 的应用			192
11.1		8051 串行口扩展矩阵键盘接口与应用	192
11.1.1		8051 串行口扩展矩阵键盘接口	192
11.1.2		8051 串行口扩展矩阵键盘应用	192
11.2		8051 串行口扩展 LED 显示器的接口与应用	194
11.2.1		8051 串行口扩展 LED 显示器的接口	194
11.2.2		8051 串行口扩展 LED 显示器的应用	194
11.3		8051 串行口实现多机通信	195
11.4		DAC 转换接口与应用	196
11.4.1		8051 与 DAC0832 的硬件连接	196
11.4.2		DAC0832 产生锯齿波的软件设计	197
11.4.3		DAC0832 产生梯形波的软件设计	197

11.5	ADC0809 转换器的接口与应用	198
11.5.1	ADC0809 与 8051 单片机的接口	198
11.5.2	ADC0809 应用举例	199
11.6	软件模拟 I ² C 总线的 C51 读写程序	200
11.6.1	I ² C 总线简介	200
11.6.2	I ² C 总线通用读写程序	201
11.7	基于 MAX517 的串行 D/A 转换	207
11.7.1	实例说明	207
11.7.2	设计思路分析	208
11.7.3	硬件电路设计	209
11.7.4	软件设计	211
11.8	基于 TLC549 的串行 A/D 转换	214
11.8.1	实例说明	214
11.8.2	设计思路分析	214
11.8.3	硬件电路设计	216
11.8.4	软件设计	217
11.9	单相电子式预付费电度表的设计与实现	219
11.9.1	单相电子式预付费电度表的工作过程	220
11.9.2	硬件电路及其工作原理	221
11.9.3	软件编程	225
11.9.4	提高预付费电度表可靠性的措施	226
	习题十一	228
	参考文献	229
	附录 A MCS-51 指令表	230
	附录 B ASCII 码表	234
	附录 C 芯片的引脚图	235

第 1 章

绪 论

教学目的和要求

本章主要介绍单片机的发展及应用领域、单片机的结构特点以及典型单片机的系统简介。要求了解单片机的发展和应用领域，重点掌握典型 MCS-51 系列单片机的结构特点。

1.1 单片机概述

随着大规模集成电路技术的不断发展，将中央处理器（CPU）、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、I/O 接口、定时器/计数器以及串行通信接口等集成在一块芯片上，就构成了一个单片微型计算机，简称为单片机（Single Chip Microcomputer）。单片机由于这种特殊的结构形式，在某些应用领域中承担了大中型计算机和通用微型计算机无法完成的一些工作。因此，单片机在各个领域中得到了广泛应用和迅猛的发展。

1.1.1 单片机的发展概况

单片机作为微型机的一个重要分支，应用面很广，发展很快。它的产生与发展和微处理器的产生与发展同步，以 8 位单片机为起点，单片机的发展历史大致可分为三个阶段。

第一阶段（1976—1978 年）：以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为代表，该机是计算机发展史上的重要里程碑，标志着工业控制领域的智能化控制时代的开始。该系列单片机在片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等，无串行 I/O 接口，中断处理较简单，片内 RAM、ROM 容量较小，寻址范围不大于 4 KB。

第二阶段（1978—1983 年）：以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为代表，结构和性能在不断改进和发展。该系列的单片机均带有串行 I/O 接口，具有多级中断处理系统，定时器/计数器为 16 位，片内 RAM 和 ROM 容量相对增大，有的片内还带有 A/D 转换接口。

第三阶段（1983 年至今）：高档 8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。此阶段主要特征是：一方面不断完善高档 8 位单片机，改善其性能、结构，以满足不同用户的需要；另一方面发展 16 位单片机及专用单片机。16 位单片机除了 CPU 为 16 位外，片内 RAM 和 ROM 的容量进一步增大，片内 RAM 为 232 B，ROM 为 8 KB，片内带有高速输入/输出部件，多通道 10 位 A/D 转换部件，8 级中断处理功能，所以其实时处理能力更强。近年来，32 位单片机已进入了实用阶段。

单片机的发展趋势是：大容量化、高性能化；小容量低价格化；外围电路内装化等。

(1) 大容量化：进一步扩大片内存储器容量。以往单片机的片内程序存储器 ROM 为 1 KB~4 KB，片内数据存储器 RAM 为 128 B~256 B，因此在一些复杂控制的场合，存储容量不够，不得不外接扩充。为适应特殊领域的要求，运用新工艺，使片内存储器大容量化。片内程序存储器 ROM 扩大到 12 KB 或更大；片内数据存储器 RAM 扩大到 1 MB，随着工艺技术的不断发展，片内存储器容量将进一步扩大。

(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：小容量低价格化是发展动向之一，是把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，集成度的不断提高，有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。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 转换器、D/A 转换器、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和，单片机的集成度将更高、体积将更小、功能将更强，单片机的应用前景是很广阔的。

1.1.2 单片机的特点

单片机在一块超大规模集成电路芯片上，集成了 CPU、存储器（包括 RAM/ROM）、I/O 接口、定时器/计数器、串行通信接口等电路，片内各功能部件通过内部总线相互连接起来。就其组成而言，一块单片机芯片就是不带外部设备的微型计算机。如图 1-1 所示为单片机的结构框图。

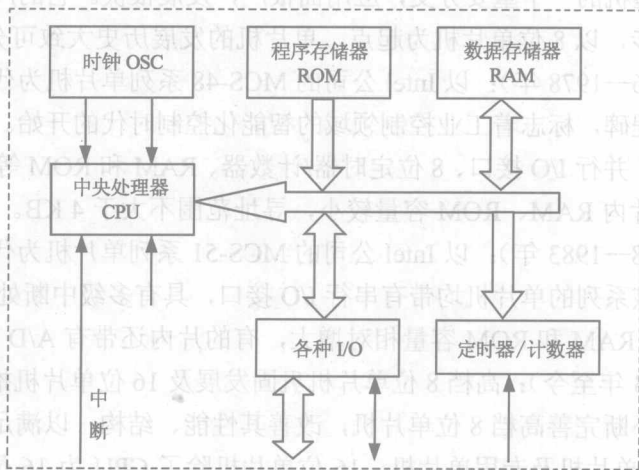


图 1-1 单片机的结构框图

单片机的特点可归纳为以下几个方面。

(1) 集成度高、体积小、可靠性高。单片机把各功能部件集成在一块芯片上，内部采用总线结构，减少了各芯片之间的连接，大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。其体积小，对于强磁场环境易于采用屏蔽措施，适合于在恶劣环境下工作。

(2) 有优良的性能价格比。单片机的高性价比，是单片机推广应用的重要因素，也是各公司竞争的主要策略。

(3) 控制功能强。单片机是微型计算机的一个品种，其体积虽小，但“五脏俱全”，它适用于专门的控制场合。在工业测控应用中，单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。

(4) 系统配置较典型、规范。单片机的系统扩展容易,易于构成各种规模的计算机应用系统。

(5) 低功耗。适用于便携式产品和家用电器产品。

1.1.3 单片机的应用领域

正是由于单片机具有上述的特点,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,故广泛应用于各类仪器仪表中(包括电压、频率、温度、湿度、流速、元素、位移、压力等测定),引入单片机使得仪器仪表数字化、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

单片机愈来愈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、银行计息电脑、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,为单片机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呼叫应答系统、列车无线通信系统、单片机无线遥控系统等。

5. 在其他方面的应用

除以上各方面的应用外,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、航空航天器电子系统等。

1.2 典型单片机系列简介

1.2.1 单片机系列简介

自单片机诞生以来的近几十年中,单片机发展迅猛,拥有众多的系列,几百种产品,国际上较有名的、影响较大的公司及它们的产品简介如下。

Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列产品,如表 1-1 所示;Motorola 公司的 6801、6802、6803、6805、68HCII 系列产品;NEC 公司的 UCOM-87 系列产品;Zilog 公司的 Z8、Super8 系列产品;Rockwell (美国洛克威尔)公司的 6500、6501 系列产品;Fairchild (仙童)公司和 Mostek 公司的 F8、3870 产品。

上述产品既有很多共性,又各自具有一定的特色,因而在国际市场上都占有一席之地。在我国虽然上述公司的产品均有引进,但由于各种原因,至今在我国所应用的单片机仍然是以 MCS-48、MCS-51、MCS-96 为主流系列。在目前单片机应用中, MCS-51 系列单片机基本上能满足用户的一般应用要求,因而它占据很大的市场。另外, MCS-96 系列单片机应用也日益广泛,所以本节主要简介这两个系列的产品。

表 1-1 Intel 公司主要的单片机系列

系列	型号	片内存储器/B		片外存储器直接寻址范围/B		I/O 端口线		中断源	定时/计数器/(个×位)	晶振/MHz	典型指令周期/ μ s	封装 DIP	其他
		ROM/EPROM	RAM	RAM	EPROM	并行	串行						
MCS-48 (8 位机)	8048	1K	64	256	4K	27	—	2	1×8	2~8	1.9	40	—
	8748	1K	64	256	4K	27	—	2	1×8	2~8	1.9	40	—
	8035	—	64	256	4K	27	—	2	1×8	2~8	1.9	40	—
	8049	2K	128	256	4K	27	—	2	1×8	2~11	1.36	40	—
	8749	2K	128	256	4K	27	—	2	1×8	2~11	1.36	40	—
	8039	—	128	256	4K	27	—	2	1×8	2~11	1.36	40	—
MCS-51 (8 位机)	8051	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2~12	1	40	—
	8751	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2~12	1	40	—
	8031	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2~12	1	40	—
	8052AH	8K	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	2~12	1	40	—
	8752AH	8K	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	2~12	1	40	—
	8032AH	—	256	64K	64K	32	UART	5	3×16	2~12	1	40	—
	80C51BH	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2~12	1	40	CHMOS
	80C31BH	—	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2~12	1	40	
	87C51BH	4K	128	64K	64K	32	UART	5	2×16	2~12	1	40	
	80C252	8K	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	2~12	1	40	CHMOS, 有脉宽调制输出, 高速输出片内固化有 BASIC 解释程序
87C252	8K	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	2~12	1	40		
83C252	—	256	64K	64K	32	UART	7	3×16	2~12	1	40		
MCS-96 (16 位机)	8094	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1~2	48	—
	8095	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1~2	48	4×10 位 A/D
	8096	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1~2	68	—
	8097	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1~2	68	8×10 位 A/D
	8394	8K	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1~2	48	—

续上表

系列	型号	片内存储器/B		片外存储器直接寻址范围/B		I/O 端口线		中断源	定时/计数器 (个×位)	晶振 /MHz	典型指令周期 /μs	封装 DIP	其他
		ROM/ EPROM	RAM	RAM	EPROM	并行	串行						
MCS-96 (16位机)	8395	8K	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1~2	48	4×10 位 A/D
	8396	8K	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1~2	68	
	8397	8K	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1~2	68	8×10 位 A/D
	8095BH	—	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1~2	48	8×10 位 A/D
	8396BH	8K	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1~2	68	
	8797BH	8k	232	64K	64K	48	UART	8	4×16 软件	12	1~2	68	8×10 位 A/D
准 16 位机	8098	—	232	64K	64K	32	UART	8	4×16 软件	12	1~2	48	4×10 位 A/D

1.2.2 MCS-51 系列单片机简介

MCS-51 系列单片机品种很多,表 1-1 所列的只是其中的一部分。如果按照其存储器配置的状态可分为片内 ROM 型、片内 EPROM 型、外接 EPROM 型 3 种。若按其功能则可分为以下几种类型。

(1) 基本型。该类型的典型产品是 8051, 其特性如下: 8 位 CPU; 片内 RAM 有 128 B; 片内 ROM 有 4 KB; 21 个特殊功能寄存器; 4 个 8 位并行 I/O 口; 1 个全双工串行口; 2 个 16 位定时器/计数器; 5 个中断源、2 个中断优先级; 1 个片内时钟振荡器和时钟电路。基本型的产品还有 8031、8051、8751、8031AH、8051AH、8751H、8751BH 等。8051AH 与 8051 的不同点在于采用了 HMOS 工艺制造。

(2) 增大内部存储器的基本型。此种单片机的内部 RAM 和 ROM 容量比基本型单片机增大一倍。产品有 8052AH、8032AH、8752BH。

(3) 低功耗基本型。这类产品型号中带有“C”字的单片机,采用 CHMOS 工艺,其特点为低功耗。产品有 80C51BH、80C31BH、87C51。

(4) 高级语言型。如 8052AH-BASIC 芯片内固化有 MCS BASIC52 解释程序。

(5) 可编程计数阵列 (PCA) 型。该产品具有两个特点: 一个是有 5 个比较/捕捉模块; 另外一个特点是有一个增强的多机通信接口。该产品有 83C51FA、80C51FA、87C51FA、83C51FB 等。

(6) A/D 型。该系列单片机带有 8 路 8 位 A/D; 半双工同步串行接口; 拥有 16 位监视定时器; 扩展了 A/D 中断和串行口中断,使中断源达到 7 个; 具有振荡器失效检测功能。该产品有 83C51GA、80C51GA、87C51GA 等。

(7) DMA 型。实现高速数据传送。该产品分为两类。一类产品是 DMA、GSC 型,产品有 83C152JA、80C152JA、80C152B 等。另一类产品是 DMA、FIFO 型,产品有 83C452、80C452、87C452P。

(8) 多并行口型。此类单片机是在 80C51 的基础上,新增加和 P1 口相同的 8 位准双向 P4 口和 P5 口,还增加在内部具有上拉电阻的 8 位双向 P6 口。该产品有 83C451、80C451。

1.2.3 16 位单片机简介

1. MCS-96 系列单片机

Intel 公司的 16 位单片机特别适用于复杂的、实时性要求较高的自动控制系统、数据采集系统、一般的信号处理系统和高级智能仪器。MCS-96 系列的芯片大体可分为 6 类。第一类产品是 NHMOS 的 SXGX, 其中 8098 芯片在我国应用较广。第二类以 CHMOS 的 80C196KB 为代表, 它保留了 SXGX 芯片的基本硬件结构, 作了局部性的改进, 除了可以工作于两种节电方式外, 没有增添新的功能。第三类以 80C196KC 为代表, 它的一个重要特征是增加了外设事务服务器, 大大提高了中断事务的实时处理能力。第四类以 80C196KR 为代表, 增添了同步串行口和适于主从机通信的功能, 并以事件处理器阵列代替了原来的高速输入/输出部件。第五类以 80C196MC 为代表, 其主要特征是增添了一个三相波形发生器, 特别适用于电机控制。第六类包括 80196NT/NP, 该类芯片的主要特征是寻址空间由 64 KB 扩大到了 1 MB。

2. MSP430 系列单片机

美国 TI 公司的 MSP430 系列单片机是目前 16 位单片机中应用较广的一类。它可以分为 X1XX、X3XX、X4XX 等几个系列, 而且在不断发展, 从存储器角度 MSP430 系列单片机又可分为 ROM (C 型)、OTP (P 型)、EPROM (E 型)、Flash Memory (F 型)。该系列的全部成员均为软件兼容可以方便地在系列各型号间移植。MSP430 系列单片机的 MCU 设计成适合各种应用的 16 位结构, 它采用冯·纽曼结构, 因此 RAM、ROM 和全部外围模块都位于同一个地址空间内。同其他微控制器相比, MSP430 系列可以大大延长电池的使用寿命; μs 级的启动时间可以使启动更加迅速; 低电压供电; ESD 保护, 抗干扰力强; 多达 64 KB 的寻址空间, 包含 ROM、RAM 闪存, RAM 和外围模块, 将来计划扩大至 1 MB; 通过堆栈处理, 中断和子程序调用层次无限制; 嵌套中断结构, 可以在中断服务过程中再次响应其他中断; 外围模块地址为存储器分配, 全部寄存器不占用 RAM 空间, 均在模块内; 定时器中断可用于事件计数、时序发生、PWM 等; 具有看门狗功能; A/D 转换器 (10 位或更高精度); 正交指令简化了程序的开发, 所有指令可以用任意寻址模式; 已开发 C-编译器; MSP430 全部为工业级 16 位 RISC MCU。

3. 凌阳 16 位单片机

该单片机采用现代电子技术——片上系统 SoC (System on a Chip) 技术设计而成, 内部集成有 ADC、DAC、PLL、AGC、DTMF、LCD DRIVER 等电路 (与 IC 型号有关)。该单片机采用精简指令集 (RISC), 指令周期均以 CPU 时钟数为单位。另外, 凌阳十六位单片机兼有 DSP 芯片功能, 内置有 16 位硬件乘法器和加法器, 并配有 DSP 拥有的特殊指令, 大大加快了各种算法的运行速度。凌阳单片机具有高速度、低价、可靠、实用、体积小、功耗低和简单易学等特点。凌阳公司在自行研发设计凌阳 16 位单片机的同时, 也配有自行研发设计的凌阳 16 位单片机应用开发环境工具, 此工具可以在 Windows 环境下操作, 工具支持标准 C 语言和凌阳单片机汇编语言, 集编辑、编程、仿真等功能于一体, 应用方便简单易学。同时凌阳公司提供大量的编程函数库, 大大加快了软件开发的进程。

4. MC9S12UF32 单片机

MC9S12UF32 单片机是由飞思卡尔 (Freescale) 半导体公司 (原 Motorola 公司半导体产品部) 制造的。MC9S12UF32 单片机由标准片上外围设备组成, 包括一个高性能的 16 位中央处理器 (HCS12 CPU)、32 KB 的 Flash E²PROM、3.5 KB 的 RAM。MC9S12UF32 单片机有多达 75 条输入/输出 (I/O) 口线, 除了片上全速 USB 2.0 接口外, UF32 还内置了以下接口和主控制器: ATA-5 接口、Compact Flash、安全数字/多媒体、SmartMedia (tm) 和 Memory Stick。结合灵活的 I/O 接口和 8 通道 16 位增强型捕获定时器, UF32 可与流行的 8 位 68HC11 完全向上兼容, 易于移植; 代码优化, 可产生极其紧凑的代码; 高性能, 最小指令周期达 40 ns; 灵活的寻址模式, 可进行高效的指针操作和循环控制; 内置背景调试模块, 使用低成本的串行实时仿真和调试, 完全取代昂贵的仿真器。

5. MB90F54X 系列单片机

MB90F54X 系列 FLASH CAN 单片机是富士通公司制造的。它有以下主要特点。

- MB90F54X 系列 16 位单片机内部有 CAN (Controller Area Network) 总线, Flash ROM, 主要应用于汽车电子与工业领域等。
- 由 FFMC-16LX CPU 内核提供的指令在继承了 FFMC-16L 系列 AT 架构的基础上, 增加了支持高级语言功能, 扩充了寻址方式, 加强了有符号数的乘法、除法指令和位操作指令等。
- 微控制器内带 32 位累加器, 可进行长字处理。
- Flash 支持自动编程, 可擦写、可恢复, 擦写次数大于 10 万次, 可在线编程, 数据可靠存储 10 年以上, 可加密, 有运算完成指示位, Flash 中的每个 Block 均可单独擦除, 外部编程电压保护。
- MB9054X 系列周边资源有: 8/10 位 A/D 转换器, UART, 扩展 I/O 串行接口、8/16 位定时器、I/O 定时器 (输入捕获, 输出比较) 等。

6. μ PD70320 单片机

μ PD70320 是日本 NEC 公司生产的 16 位单片机, 它具有速度快、可靠性高、兼容性好等优点。该芯片除 CPU 外还集成了 512 B 的 RAM、3 个 I/O 口、8 个模拟量输入端、2 个 DMA、2 个定时器、2 个全双工异步通信口和 1 个中断控制器等电路; μ PD70320 具有先进的快速中断功能, 特别适合实时多任务处理; 采用严格的 CMOS 制造工艺, 稳定工作范围宽, 电源电压 3~8 V, 可选用的晶振频率为 1~6 MHz, 抗干扰, 可在恶劣环境中使用; 采用特殊的双总线结构, 使用 32 位内部寄存器和 6 字节指令队列, 在相同的时钟频率下, 比 8088 快 2~4 倍; 其指令集仅是 8088 的一个超集, 把 PC 上的程序稍作修改就可在 μ PD70320 上运行, 因而开发它不需要特殊的开发装置和调试软件, 因此可降低开发成本, 加快开发进程。

7. AT93C46/56/66 单片机

AT93C46/56/66 是 Atmel 公司生产的低功耗、低电压、电可擦除、可编程只读存储器, 采用 CMOS 工艺技术制造并带有 3 线串行接口, 其容量分别为 1 KB、2 KB、4 KB, 可重复写 100 万次, 数据可保存 100 年以上; 简便易学, 费用低廉; 高速、低耗、保密; I/O 口功能强, 具有 A/D 转换等电路; 有功能强大的定时器/计数器及通信接口。