

普通高等教育

电气信息类规划教材



免费下载电子教案

单片机 原理及应用

主 编 王景景

副主编 闫春娟 陈 琦



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气信息类规划教材

单片机原理及应用

主编 王景景

副主编 闫春娟 陈琦



机械工业出版社

本书从实用的角度出发,以 MCS-51 系列单片机为背景,介绍了单片机的基础知识、片内资源、片外存储器扩展、常用接口以及基于 AT89S51 芯片的开发实例。本书对单片机开发常用的汇编语言和 C51 都进行了介绍,特别是在讲解片内资源时,列举了大量实例,并用汇编和 C51 两种语言分别进行了编程举例。每章配有习题,以指导读者深入地进行学习。

本书既适合于本科院校选做教材,同时也适合于相关行业工程技术人员及初学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/王景景主编. —北京:机械工业出版社,2010.2

(普通高等教育电气信息类规划教材)

ISBN 978-7-111-29701-7

I. ①单… II. ①王… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材

IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 023685 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟

责任印制:洪汉军

北京市朝阳展望印刷厂印刷

2010 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·21.75 印张·535 千字

0001-3500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-29701-7

定价:35.00 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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

单片机因为体积小、价格低、重量轻、控制灵活,已得到越来越广泛的应用,从事单片机开发的人员也越来越多。在各本科院校,电气信息类专业甚至机械类专业都开设了有关单片机的课程。本书以 51 系列单片机为基础,用大量而详尽的实例对单片机的片内资源进行了阐述,并用汇编和 C51 两种语言分别进行了编程举例,适合于各本科院校选做教材、由汇编语言开发单片机转向 C51 开发的研究人员与单片机爱好者参考,同时本书所讲解的实例也特别适合作本、专科学生的课程设计和毕业设计题目。

当前单片机开发已由汇编语言编程逐步转为开发效率高、程序可移植性好的 C51 编程,片外存储器芯片已由原来的并行接口芯片逐渐转换为串行接口芯片,各种新的开发技术不断涌现,因此本书的内容在组织时特别注意顺应单片机的发展趋势。本书在讲述了单片机的基础知识之后,对单片机开发常用的汇编语言和 C51 都进行了介绍,特别是在讲解单片机最重要、最常用的片内资源,如中断系统、定时/计数器、串行接口时,列举了大量实例,并用汇编和 C51 两种语言分别进行了编程举例。本书这样做的好处:使用汇编语言对单片机的编程使得读者能对单片机的内部硬件结构和指令的操作有深刻的认识,而使用 C51 对单片机编程,可提高开发效率、增强程序的可移植性。本书兼顾二者,当本书作为教材使用时,可由教师根据教学需要选择开发语言讲授给学生;对入门级自学者来讲,也可以通过对两种开发语言的对照学习,加深理解;对已有汇编基础的自学者来说,更能迅速提高其用 C51 开发的水平。这是本书的突出特色。

本书共分为 9 章,第 1 章绪论介绍了单片机的基本概念、单片机的特点及应用领域、产品分类等;第 2 章介绍了单片机的硬件结构;第 3 章介绍了汇编语言;第 4 章介绍了 C51 编程基础;第 5~7 章介绍了单片机的中断系统、定时/计数器、串行接口;第 8 章介绍了单片机的接口技术基础;第 9 章介绍了单片机的开发实例,通过实例使得读者对单片机开发项目的过程有更深刻的了解并提高实战水平;最后的附录部分介绍了 Keil μ Vision2 的使用。本书结构体系合理,内容由简到难,深入浅出,语言流畅,易于理解。

青岛科技大学的王景景完成了本书的第 2 章、第 6 章、第 7 章、9.5 节、9.6 节和附录部分,闫春娟完成了第 3 章和第 5 章以及第 8 章和第 9 章的部分内容,陈琦完成了第 1 章、第 4 章、8.3 节、8.4 节、8.5 节、第 9 章的前 4 节,全书由王景景统稿。参加本书编写、调试工作的还有王剑峰、邵敏、管殿柱、宋一兵、李文秋、田东、张轩、田绪东、张洪信、宋琦、王献红、付本国等。本书的顺利出版,要感谢青岛科技大学信息学院的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在不妥之处,请读者谅解,并提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 单片机的基本概念及发展概况	1
1.1.1 单片机的基本概念	1
1.1.2 单片机的发展历史	2
1.1.3 单片机的发展趋势	3
1.2 单片机的特点及应用领域	4
1.2.1 单片机的特点	4
1.2.2 单片机的应用领域	5
1.3 单片机产品	6
1.3.1 常用单片机产品系列及性能简介	6
1.3.2 MCS-51 系列单片机分类	8
1.3.3 AT89 系列单片机分类	10
1.3.4 其他公司的 51 系列单片机	11
1.4 习题	11
第2章 单片机的硬件结构	12
2.1 MCS-51 系列单片机的主要功能特点和内部结构	12
2.1.1 MCS-51 系列单片机的主要功能特点	12
2.1.2 MCS-51 系列单片机的内部结构	13
2.2 MCS-51 系列单片机的引脚功能与 I/O 口	14
2.2.1 电源引脚	15
2.2.2 时钟部分	16
2.2.3 控制引脚	17
2.2.4 I/O 口	18
2.3 MCS-51 系列单片机的存储器结构	22
2.3.1 程序存储器	23
2.3.2 数据存储器	24
2.4 MCS-51 系列单片机的 CPU 时序	29
2.4.1 时钟周期、机器周期和指令周期	29
2.4.2 典型指令的取指和执行时序	29
2.5 MCS-51 系列单片机的低功耗运行方式	31
2.5.1 HMOS 型单片机的掉电运行方式	31

2.5.2	CHMOS 型单片机的掉电运行方式与待机方式	31
2.6	习题	32
第3章	汇编语言	34
3.1	MCS-51 系列单片机的指令格式及标识	34
3.2	MCS-51 系列单片机的寻址方式	35
3.2.1	寄存器寻址	35
3.2.2	直接寻址	36
3.2.3	立即寻址	36
3.2.4	寄存器间接寻址	36
3.2.5	变址寻址	37
3.2.6	相对寻址	37
3.2.7	位寻址	37
3.3	MCS-51 系列单片机的指令系统	38
3.3.1	数据传送指令	38
3.3.2	算术运算指令	40
3.3.3	逻辑运算指令	42
3.3.4	控制转移指令	44
3.3.5	位操作指令	46
3.4	汇编语言程序设计	47
3.4.1	程序设计简介	47
3.4.2	伪指令	49
3.4.3	简单程序设计	50
3.4.4	分支程序设计	51
3.4.5	循环程序设计	56
3.4.6	查表程序设计	61
3.4.7	子程序设计	62
3.5	应用实例：数据排序	65
3.6	习题	67
第4章	C51 简介	71
4.1	C51 程序设计基础	71
4.1.1	C51 基础知识	73
4.1.2	C51 数据类型	74
4.1.3	C51 常量与变量	76
4.1.4	C51 存储模式与绝对地址访问	80
4.1.5	C51 常用运算符	83
4.1.6	C51 表达式语句与复合语句	86
4.2	C51 基本结构和语句	87
4.2.1	C51 基本结构	87
4.2.2	if 语句	88

4.2.3	switch/case 语句	89
4.2.4	while 语句	90
4.2.5	do-while 语句	90
4.2.6	for 语句	91
4.2.7	循环的嵌套	92
4.2.8	break 和 continue 语句	93
4.2.9	return 语句	93
4.3	C51 构造数据类型	94
4.3.1	数组	94
4.3.2	指针	96
4.3.3	结构	99
4.3.4	联合	102
4.3.5	枚举	104
4.4	C51 函数	105
4.4.1	函数的分类和定义	105
4.4.2	函数的参数和函数值	108
4.4.3	函数的调用与声明	110
4.4.4	函数的嵌套与递归	112
4.5	编程举例	114
4.5.1	用 C 语言实现 I/O 编程	116
4.5.2	用 C 语言实现逻辑运算	123
4.5.3	用 C 语言实现数据转换	125
4.5.4	用 C 语言实现存取数据空间	126
4.5.5	用 C 语言实现存取代码空间	128
4.5.6	用 C 语言实现数据串行化	129
4.6	应用实例：简单矩阵运算	132
4.7	习题	134
第 5 章	中断系统	136
5.1	中断源、中断标志与中断控制	136
5.1.1	中断源和中断标志	137
5.1.2	中断控制	138
5.2	中断处理	140
5.2.1	中断响应条件	140
5.2.2	中断响应过程	141
5.2.3	中断响应时间	141
5.3	中断程序设计	142
5.3.1	外部中断应用举例	143
5.3.2	外部中断源的扩充	144
5.3.3	中断系统设计中应注意的几个问题	145

5.4	应用实例：故障源监控器的设计	146
5.5	习题	148
第6章	定时/计数器	149
6.1	定时/计数器的结构及工作原理	149
6.1.1	定时/计数器的结构	149
6.1.2	定时/计数器的工作原理	150
6.2	定时/计数器的控制寄存器	150
6.2.1	控制寄存器 TCON	150
6.2.2	方式寄存器 TMOD	151
6.3	定时/计数器的工作方式	152
6.3.1	工作方式 0	152
6.3.2	工作方式 1	153
6.3.3	工作方式 2	153
6.3.4	工作方式 3	153
6.4	定时/计数器的应用举例	154
6.4.1	计数初值的计算	154
6.4.2	定时/计数器的初始化	155
6.4.3	应用举例	155
6.5	应用实例：基于定时/计数器实现的音乐播放器	164
6.6	习题	169
第7章	串行接口	170
7.1	串行通信基础	170
7.1.1	通信方式	170
7.1.2	串行通信方式	170
7.1.3	波特率	171
7.2	MCS-51 系列单片机的串行接口	171
7.2.1	串行接口结构	171
7.2.2	串行接口的控制	172
7.2.3	串行接口的 4 种工作方式	174
7.2.4	波特率设计	175
7.3	串行接口应用举例	177
7.3.1	方式 0 应用	177
7.3.2	方式 1 应用	180
7.3.3	方式 2 和方式 3 的应用	183
7.4	应用实例：单片机间的多机通信	185
7.5	习题	195
第8章	单片机接口技术基础	196
8.1	单片机系统扩展技术	196
8.1.1	单片机最小系统	196

8.1.2	系统扩展的内容和方法	197
8.1.3	程序存储器的扩展	198
8.1.4	数据存储器的扩展	202
8.1.5	I/O 口扩展	202
8.2	常用输入/输出接口	206
8.2.1	单片机与键盘的接口	207
8.2.2	LED 数码管显示器	216
8.2.3	LED 点阵显示器	223
8.2.4	液晶显示器	229
8.3	数模与模数转换器接口	257
8.3.1	数模转换器 DAC0832	258
8.3.2	模数转换器 ADC0809	264
8.3.3	12 位串行 ADC——MAX1274/MAX1275	268
8.3.4	12 位串行 DAC——MAX5820	272
8.4	应用实例: 99.99 s 秒表的设计	276
8.5	习题	280
第 9 章	单片机应用系统设计实例	281
9.1	单片机应用系统的设计方法	281
9.1.1	应用系统设计流程	281
9.1.2	应用系统总体方案的确定	282
9.1.3	应用系统的硬件设计	283
9.1.4	应用系统的软件设计	284
9.1.5	应用系统的开发与调试	285
9.1.6	抗干扰技术	286
9.2	万年历的设计	290
9.2.1	功能分析及总体设计	290
9.2.2	硬件设计	290
9.2.3	软件设计	294
9.3	红外报警器的设计	298
9.3.1	功能分析及总体设计	298
9.3.2	硬件设计	299
9.3.3	软件设计	306
9.4	LED 显示屏的设计	306
9.4.1	LED 显示屏工作原理	307
9.4.2	小型 LED 显示屏控制系统	310
9.5	数字温度计的设计	312
9.5.1	数字温度计 DS18B20 简介	312
9.5.2	功能分析及总体设计	313
9.5.3	硬件设计	314

9.5.4 软件设计	315
9.6 数字电压表的设计	315
9.6.1 功能分析及总体设计	315
9.6.2 硬件设计	316
9.6.3 软件设计	318
9.7 函数信号发生器的设计	319
9.7.1 功能分析及总体设计	319
9.7.2 硬件设计	320
9.7.3 软件设计	321
附录	323
附录 A 助记符与英文全称对照表	323
附录 B MCS-51 汇编指令表	324
附录 C Keil μ Vision2 使用说明	328
参考文献	335

第1章 绪 论

本章要点

- 单片机的基本概念
- 单片机的应用领域
- 单片机的分类及特点

1.1 单片机的基本概念及发展概况

1.1.1 单片机的基本概念

单片机是把微型计算机的各个功能部件：中央处理器（CPU）、随机存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、I/O 接口、定时/计数器以及串行接口等集成在一块芯片上，构成一个完整的微型计算机，因而又称为单片微型计算机（Single Chip Microcomputer）。由于单片机的结构及功能是按工业要求设计的，所以，其确切的名称应是单片微控制器（Single Chip Microcontroller）。

单片机属于微型计算机的一种，它集成了微型计算机中的大部分功能部件，工作的基本原理一样，但具体结构和处理方法不同。我们知道，微型计算机由微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口 3 大部分通过总线有机连接而成，各种外围设备通过 I/O 接口与微型计算机连接。各个功能部件独立，功能强大。

单片机是应测控领域的需要而诞生的，用以实现各种测试和控制。它的组成结构既包含通用微型计算机中的基本组成部分，又增加了具有实时测控功能的一些部件。即除了在主芯片上集成了大部分功能部件外，还可在外部扩展 A/D 转换器、D/A 转换器、脉冲调制器等用于测控的部件。现在一部分单片机已经把 A/D 转换器、D/A 转换器及 HSO（高速输出）、HIS（高速输入）等外设集成在单片机中，以增强处理能力。

单片机按照用途，可分为通用型和专用型两大类。

1) 通用型单片机的内部资源丰富，性能全面，适应能力强。用户可以根据需要，设计各种不同的应用系统。

2) 专用型单片机是针对各种特殊场合专门设计的芯片。这种单片机的针对性强，设计时根据需要来设计部件。因此，它能实现系统的最简化和资源的最优化，可靠性高、成本低，在应用中有很明显的优势。

在单片机使用上注意以下几个既有相同点也有区别的概念。

1) 单板机：将微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口以及简单的输入/输出设备组装在一块电路板上的微型计算机，称为单板机。

2) 单片机：将微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口和相应的控制部件集成在一块芯片

上形成的微型计算机，称为单片机。

3) 多板机：在计算机组成中，如果组成计算机的各个功能部件是由多块电路板连接而成的，那么这样的计算机称为多板机。

1.1.2 单片机的发展历史

自 1971 年 Intel 公司制造出世界上第一块微处理器芯片 4004 后不久，就出现了单片微型计算机，之后的二三十年，单片机得到了飞速的发展。在发展过程中，单片机先后经历了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机几个有代表性的发展阶段。

(1) 4 位单片机

自 1975 年美国德州仪器 (TI) 公司首次推出 4 位单片机 TMS-1000 后，各个计算机生产公司相继推出 4 位单片机。4 位单片机的主要生产国是日本，如 SHARP 公司的 SM 系列、东芝公司的 TLCS 系列、NEC 公司的 Ucom75XX 系列等。当时国内已能生产 COP400 系列单片机。

4 位单片机的特点是价格便宜，主要用于控制洗衣机、微波炉等家用电器及高档电子玩具。

(2) 8 位单片机

1976 年 9 月，美国 Intel 公司首先推出 MCS-48 系列 8 位单片机，使单片机的发展进入了一个新的阶段。随后各个计算机公司先后推出各自的 8 位单片机。

1978 年以前各厂家生产的 8 位单片机，由于集成度的限制，一般都没有串行接口，只提供小范围的寻址空间（小于 8KB），性能相对较低，称为低档 8 位单片机，如 Intel 公司的 MCS-48 系列和仙童 (Fairchild) 公司的 F8 系列。

1978 年以后，集成电路水平有所提高，出现了一些高性能的 8 位单片机，它们的寻址能力达到了 64 KB，片内集成了 4~8 KB 的 ROM，片内除了带并行 I/O 接口外，还有串行 I/O 接口，甚至有些还集成了 A/D 转换器。这类单片机称为高档 8 位单片机。如 Intel 公司的 MCS-51 系列、摩托罗拉 (Motorola) 公司的 6801 系列、Zilog 公司的 Z8 系列、NEC 公司的 μ PD78XX 系列。

8 位单片机由于功能较强、价格低廉、品种齐全，被广泛用于工业控制、智能接口、仪器仪表等各个领域，特别是高档 8 位单片机，是现在使用的主要机型。

(3) 16 位单片机

1983 年以后，集成电路的集成度可达到十几万只管/片，出现了 16 位单片机。16 位单片机把单片机性能又推向了一个新的阶段。它内部集成多个 CPU、8 KB 以上的存储器、多个并行接口、多个串行接口等，有的还集成高速输入/输出接口、脉冲宽度调制输出、特殊用途的监视定时器等电路。如 Intel 公司的 MCS-96 系列、美国国家半导体公司的 HPC16040 系列和 NEC 公司的 783XX 系列。

16 位单片机往往用于高速复杂的控制系统。

(4) 32 位单片机

近年来，各个计算机厂家已经推出性能更高的 32 位单片机，但在测控领域对 32 位单片机的应用很少，因而，32 位单片机使用的并不多。

1.1.3 单片机的发展趋势

迄今为止，世界上的主要芯片厂家已投放市场的单片机产品多达 70 多个系列、500 多个品种。这些产品从其结构和应用对象方面，大致可以分为如下 4 类。

(1) CISC 结构的单片机

CISC 的含义是复杂指令集计算机 (Complex Instruction Set Computer)。CISC 结构的单片机的数据线和指令线分时复用。

属于 CISC 结构的单片机有 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 M68HC 系列、Atmel 公司的 AT89 系列、中国台湾华邦 (Winbond) 公司的 W78 系列、荷兰飞利浦 (Philips) 公司的 PCF80C51 系列等。

(2) RISC 结构的单片机

采用精简指令集计算机 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) 结构的单片机数据线和指令线分离。

属于 RISC 结构的单片机有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 公司的 Z86 系列、Atmel 公司的 AT90S 系列、韩国三星公司的 KS57C 系列 4 位单片机、中国台湾义隆公司的 EM78 系列等。

(3) 基于 ARM 核心的 32 位单片机

主要是指以 ARM 公司设计为核心的 32 位 RISC 嵌入式 CPU 芯片的单片机。

目前常见的有 ARM7、ARM9、ARM10 系列。

(4) 数字信号处理器

数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP) 是一种具有高速运算能力的微处理器，与普通单片机相比，DSP 器件具有较高的集成度、更快的 CPU、更大容量的存储器，内置有波特率发生器和 FIFO (先进先出) 缓冲器。

目前国内推广应用最为广泛的 DSP 器件是美国 TI 公司生产的 TMS320 系列。

从上面的分类看，第一类是传统意义上的单片机，其余三类都是 20 世纪 90 年代以后发展起来的，它们具有以下特点：

(1) 高档单片机性能不断提高

在实时控制系统、军工产品和一些高级家用电器等领域中，需要高性能单片机，以满足其在功能、速度、可靠性方面的特殊要求，高档、高性能主要表现在如下一些方面：

1) CPU 性能加强。CPU 的性能主要体现在数据处理的速度和精度。一般通过字长的增加、硬部件的扩充、总线速度的提高、指令系统的扩充和效率的提高来实现。

2) 采用双 CPU 结构以提高处理能力。采用流水线结构或多流水线结构，提高运算速度，如 TMS320 系列 DSP 串行总线结构 (I²C 或 DDB)，减少引出线，降低成本。

3) 内部资源增加。内部资源的增加除增大片内存储器的容量外，也增加了其他的配置，如 A/D 转换器、脉宽调制输出 PWM、正弦波发生器、CRT 控制器、LED 和 LCD 驱动器等。

4) 寻址范围增加。一些高性能单片机对外部存储器、I/O 口的寻址范围高达几兆字节，有的单片机还可以选择某些 I/O 口作为系统的扩展总线使用。

(2) 超小型、低功耗、价格低廉

在简单的家用电器、智能玩具、仪器仪表、智能 IC 卡领域，对功能要求不高，但在体积、价格和功耗上有着明显的优势，市场需求量特大的兼容产品，也是未来市场的重要角色，有着广阔的应用前景。

(3) 微巨型单片化

1992 年美国推出的 i80860 超级单片机，轰动了整个计算机界。它的运算速度为 1.2 亿次/s，可进行 32 位整数运算、64 位浮点运算，同时片内具有一个三维图形处理器，可构成超级图形工作站。

但各类单片机仍然由于自身系统结构而面临一些问题。单片机也被称为微控制单元 (Micro Controller Unit, MCU)。由 MCU 为主构成的电子应用系统通常出现的问题可以分为两类：一类是纯技术问题，如软件设计、接口器件的选择及抗干扰措施的应用问题，这些问题通常属于可解决之列；另一类问题则直接与 MCU 本身有关，即与 MCU 与生俱来的一些不可克服的弱点相关。它们包括以下几个方面：

1) 低速。由于 MCU 的工作方式是通过内部的 CPU 逐条执行软件指令来完成各种运算和实现逻辑功能的，所以无论多么高的工作时钟频率和多么好的指令时序方式，在排队式串行指令执行方式面前，其工作速度和效率也将大打折扣，因此 MCU 在实时仿真、高速工控、高速数据采集等领域便显得力不从心。

2) 复位工作方式。MCU 的另一个致命弱点是：任何 MCU 在工作初始都必须经历一个复位过程，否则将无法进行正常的工作。MCU 的复位必须满足一定的电平和时间条件。当工作电平有某种干扰性突变时，MCU 不可或缺的复位设置将成为系统不可靠工作的重要因素。一些系统中出现的“假复位”和不可靠复位带来的后果是十分严重的。尽管人们不断提出各种改善复位的方法及可靠复位电路，但到目前为止，复位的可靠性问题仍然未能得到根本解决。

3) PC 的跑飞。在强干扰或某种偶然因素下，任何 MCU 的程序计数器 PC 都有可能越出正常的程序流程而跑飞。

4) MCU 的使用误区。MCU 逻辑行为上的普适性，常会引导人们进入这样一个误区：MCU 是无所不能的。因而任何一个电子系统设计项目，MCU 都成为无可置疑的主角。

1.2 单片机的特点及应用领域

1.2.1 单片机的特点

从单片机的应用角度来看，其主要特点如下：

(1) 控制性能好、可靠性高

单片机的实时控制功能强大，其 CPU 可以对 I/O 端口直接进行操作，位操作能力更是其他计算机无法比拟的。另外，由于 CPU、存储器及 I/O 接口集成在同一芯片内，各部件间的连接紧凑，数据在传送时受干扰的影响较小，且不易受环境条件的影响，所以单片机的可靠性较高。

近期推出的单片机产品，内部集成有高速 I/O 口、ADC、PWM、WDT 等部件，并在低电压、低功耗、串行扩展总线、控制网络总线和开发方式（如在系统编程 ISP）等方面都有

了进一步的增强。

(2) 体积小、价格低、易于产品化

单片机芯片实际上就是一台完整的微型计算机，对于批量大的专用场合，既可以在众多的单片机品种间进行匹配选择，同时还可以专门进行芯片设计，使芯片的功能与应用具有良好的对应关系；在单片机产品的引脚封装方面，有的单片机引脚已减少到 8 个或更少，从而使应用系统的印制电路板减小、接插件减少，安装简单方便。

从单片机的具体结构和处理过程上看，其主要特点如下：

(1) 在存储器结构上，多数单片机的存储器采用哈佛（Harvard）结构

采用哈佛结构的单片机其 ROM 和 RAM 是严格分开的。ROM 称为程序存储器，只存放程序、固定常数和数据表格；RAM 则为数据存储器，用作工作区及存放数据。两者的访问方式也不同，即使用不同的寻址方式，通过不同的地址指针访问。程序存储器的存储空间较大，数据存储器的存储空间较小，这主要是考虑单片机用于控制系统中的特点。程序存储器和数据存储器又有片内和片外之分，而且访问方式也不相同。所以，单片机的存储器在操作时可分为片内程序存储器、片外程序存储器、片内数据存储器 and 片外数据存储器。

(2) 在芯片引脚上，大部分采用分时复用技术

单片机芯片内集成了较多的功能部件，需要的引脚信号较多。但由于工艺和应用场合的限制，芯片上引脚数目又不能太多。为解决实际的引脚数和需要的引脚数之间的矛盾，一根引脚往往设计了两个或多个功能。每条引脚在当前起什么作用，由指令和当前机器的状态来决定。

(3) 在内部资源访问上，采用特殊功能寄存器（SFR）的形式

单片机中集成了微型计算机的微处理器、存储器、I/O 接口、定时/计数器、串行接口、中断系统等功能部件。用户对这些资源的访问是通过对对应的特殊功能寄存器（SFR）进行访问来实现的。

(4) 在指令系统上，采用面向控制的指令系统

为了满足控制系统的要求，单片机有很强的逻辑控制能力。在单片机内部一般都设置有一个独立的位处理器，又称为布尔处理器，专门用于位运算。

(5) 内部一般都集成一个全双工的串行接口

通过这个串行接口，可以很方便地和其他外设进行通信，也可以与另外的单片机或微型计算机通信，组成计算机分布式控制系统。

(6) 单片机有很强的外部扩展能力

在内部的各功能部件不能满足应用系统要求时，单片机可以很方便地在外部扩展各种电路，能与许多通用的微机接口芯片兼容。

1.2.2 单片机的应用领域

单片机由于具有体积小、功耗低、易于产品化、面向控制、抗干扰能力强、适用温度范围宽、可以方便地实现多机和分布式控制等优点，因而被广泛地应用于各种控制系统和分布式系统中。

(1) 单机应用

单机应用是指在一个系统中只用到一块单片机，这是目前单片机应用最多的方式。主要

在以下领域采用单机应用：

1) 工业自动化控制。在自动化技术中，单片机广泛应用在各种过程控制、数据采集系统、测控系统等方面，如数控机床、自动生产线控制、电机控制和温度控制等。新一代机电一体化处处都离不开单片机。

2) 智能仪器仪表。单片机技术运用到仪器仪表中，使得原有的测量仪器向数字化、智能化、多功能化和综合化的方向发展，大大地提高了仪器仪表的精度和准确度，减小了体积，使其易于携带，并且能够集测量、处理、控制功能于一体，从而使测量技术发生了根本的变革。

3) 计算机外围设备和智能接口。在计算机系统中，很多外围设备都用到单片机，如打印机、键盘、磁盘、绘图仪等。通过单片机来对这些外围设备进行管理，既减小了主机的负担，也提高了计算机整体的工作效率。

4) 家用电器。目前家用电器的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度，如电视机、录像机、电冰箱、洗衣机、电风扇和空调机等家用电器中，都用到单片机或专用的单片机集成电路控制器。单片机的使用，提高了家用电器的性能，使其操作起来更加方便、故障率更低，而且成本更低廉。

另外，在交通领域中，汽车、火车、飞机、航天器等均对单片机有广泛应用，如汽车自动驾驶系统、航天测控系统、黑匣子等。

(2) 多机应用

多机应用是指在一个系统中用到多块单片机，它是单片机在高科技领域的主要应用，主要用于一些大型的自动化控制系统。这时整个系统分成多个子系统，每个子系统是一个单片机系统，用于完成本子系统的工作，即从上级主机接收信息后，并发送信息给上级主机；上级主机则根据接收的下级子系统的信息，进行判断，产生相应的处理命令传送给下级子系统。多机应用可分为功能弥散系统、并行多机处理系统和局部网络系统。

比较典型的例子是单片机在 LED 电子显示屏中的应用。

1.3 单片机产品

1.3.1 常用单片机产品系列及性能简介

自 1976 年 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机以来，单片机经过了几十年的迅猛发展，拥有了繁多的系列和五花八门的机型，现介绍几种主要的系列。

(1) 8051 单片机

8051 单片机最早由 Intel 公司推出，其后多家公司购买了 8051 的内核，使得以 8051 为内核的单片机在世界上产量最大，应用也最广泛。

51 系列单片机源于 Intel 公司的 MCS-51 系列，在 Intel 公司将 MCS-51 系列单片机实行技术开放政策之后，许多公司如 Philips、Dallas、Siemens、Atmel、华邦、LG 等都以 MCS-51 中的基础结构 8051 为基核推出了许多各具特色、具有优异性能的单片机。这样，把这些厂家以 8051 为基核推出的各种型号的兼容型单片机统称为 51 系列单片机。Intel 公司 MCS-51 系列单片机中的 8051 是其中最基础的单片机型号。

(2) WINBOND 单片机

华邦公司的 W77、W78 系列 8 位单片机的脚位和指令集是与 8051 的兼容的, 但每个指令周期只需要 4 个时钟周期, 速度提高了 3 倍, 工作频率最高可达 40MHz。同时增加了监视定时器, 也称为看门狗 (Watch Dog Timer, WDT), 6 组外部中断源, 两组通用异步收发器 (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, UART), 两组数据指针 (Data Pointer) 及等候状态控制信号 (Wait State Control Pin)。

W741 系列的 4 位单片机带液晶驱动, 在线烧录, 保密性高, 低操作电压 (1.2 ~ 1.8V)。

(3) LG 公司生产的 GMS90 系列单片机

这一系列的单片机与 Intel MCS-51 系列、Atmel 89C51/52、89C2051 等单片机兼容, 采用 CMOS 技术, 高达 40MHz 的时钟频率, 应用于: 多功能电话、智能传感器、电量表、工业控制、防盗报警装置、各种计费器、各种 IC 卡装置、DVD、VCD、CD-ROM 等。

(4) MSP430 单片机

TI 公司的 MSP430 单片机是最近引进中国的品种。它在超低功耗方面有突出的表现, 经常被电池应用设计师所选用, 被业界称为绿色 MCU。同时它内部有丰富的片内外围模块, 是一个典型的片上系统 (SOC)。MSP430 单片机采用 16 位的精简指令结构, 功能相当强大。

(5) Motorola 单片机

Motorola (现为 Freescale) 是世界上最大的单片机厂商。从 M6800 开始, Motorola 开发了多个系列的产品, 4 位、8 位、16 位以及 32 位的单片机都能生产, 其中典型的代表有: 8 位机 M6805、M68HC05 系列, 8 位增强型 M68HC11、M68HC12, 16 位机 M68HC16, 32 位机 M683XX。Motorola 单片机的特点之一是在同样的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, 更适合于工业控制领域及恶劣的环境。

(6) MicroChip 单片机

MicroChip 单片机的主要产品是 PIC 16C、17C 系列 8 位单片机, CPU 采用 RISC 结构, 分别有 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、档次较低、价格敏感的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、电信通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等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。

(7) Atmel 公司的 AVR 单片机

这一系列是增强型 RISC 内载 Flash 的单片机, 芯片上的 Flash 存储器附在用户的产品中, 可随时编程、再编程, 使用户的产品设计容易, 更新换代方便。AVR 单片机采用增强的 RISC 结构, 具有高速处理能力, 在一个时钟周期内可执行复杂的指令, 1 MHz 可实现 1MIPS 的处理能力。AVR 单片机的工作电压为 2.7 ~ 6.0 V, 可以实现耗电最优化。AVR 单片机广泛应用于计算机外围设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器、宇航设备等各个领域。

(8) EM78 系列 OTP 型单片机

这是中国台湾义隆公司生产的单片机, 它直接替代 PIC16CXX, 引脚兼容, 软件可转换。