

● 高等学校21世纪计算机教材

单片机

原理与应用

唐俊翟 许雷 张群瞻 编著



冶金工业出版社

高等学校 21 世纪计算机教材

单片机原理与应用

唐俊翟 许雷 张群瞻 编著

北 京

冶金工业出版社

2003

内 容 简 介

本书详细讲解了 MCS-51 单片机的原理及应用。全书共分 11 章, 内容包括单片机概述, 硬件结构, 指令系统及程序设计, 定时器/计数器, 中断系统, 串行通信, 扩展存储器技术, I/O 口扩展设计, 与键盘、显示器、打印机的接口, 与 A/D、D/A 转换器的接口等, 最后还介绍了应用系统设计, 并以实例的形式加以说明。

本书内容全面, 语言通俗易懂, 实例丰富, 讲解详尽, 对每一个问题都力求讲得清楚、详细, 并且给出实例, 让读者一目了然。

本书可作为大、中专院校相关专业的教材或教学参考书, 也可作为单片机技术的培训教材, 同时也可供广大从事单片机应用开发的科研人员作为参考书使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用 / 唐俊翟等编著. — 北京: 冶金工业出版社, 2003.8

ISBN 7-5024-3313-9

I. 单... II. 唐... III. 单片微型计算机
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 058209 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 程志宏

中山市新华印刷厂有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2003 年 9 月第 1 版, 2003 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 21.75 印张; 530 千字; 340 页; 1-5000 册

35.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

一、关于单片机

电子技术的飞速发展,给人类生活带来了根本性的变革,特别是随着大规模集成电路的产生而出现的微型计算机,更是将人类社会带入了一个新的时代。利用微机的强大功能,人们可以完成各种各样的控制。然而,微机造价较高,对于大多数的工业控制来说,也并不需要微机那样强大的功能,于是单片机就应运而生了。单片机其实就是一个简化的微机,将微机的 CPU、存储器、I/O 接口、定时器/计数器等集成在一片芯片上就是单片机了,它主要用来完成各种控制功能。相对微机来说,单片机价格很低,非常适合于应用在简单的控制场合以降低成本。另外,单片机是按照工业控制要求设计的,其可靠性很高,可以在工业现场复杂的环境下运行。单片机依靠其高可靠性和极高的性价比,在工业控制、数据采集、智能化仪表、家用电器等方面得到了极为广泛的应用。

二、本书结构

本书以单片机的内部和外部资源为主要线索,由浅入深,并结合大量的应用实例介绍了我国目前应用得较多的 MCS-51 系列单片机应用系统的设计原理及实际应用。全书分为四部分,共 11 章。

第一部分:单片机概述、MCS-51 单片机的硬件结构和 MCS-51 单片机的指令系统及程序设计。包括第 1、2、3 章。

第 1 章:单片机概述。主要介绍了单片机的历史及发展概况、特点及应用领域,并简单介绍了几个主流系列单片机。

第 2 章:MCS-51 单片机的硬件结构。主要介绍了 MCS-51 单片机的内部结构、中央处理器、CPU 时序及引脚功能、存储器的结构以及 I/O 口。

第 3 章:MCS-51 单片机的指令系统及程序设计。主要介绍了 MCS-51 指令系统的寻址方式、MCS-51 指令系统的使用要点和 MCS-51 汇编语言程序设计及实用程序举例。

第二部分:MCS-51 单片机的内部资源。包括第 4、5、6 章。

第 4 章:MCS-51 单片机的定时器/计数器。主要介绍了定时器/计数器的结构、工作方式,并结合实例介绍了 MCS-51 单片机的定时器/计数器在各种方式下的硬件设计以及定时器/计数器的扩展。

第 5 章:MCS-51 单片机的中断系统。主要介绍了中断系统的概念、中断源和中断控制、中断处理、外部中断源的扩展以及中断系统设计中应注意的几个问题。

第 6 章:MCS-51 单片机的串行通信。主要介绍了 MCS-51 单片机的串行口的功能与结构、工作方式及波特率设置,并结合应用实例分析了串行口和单片机、计算机通信的设计方法。

第三部分:MCS-51 单片机的外部资源扩展。包括第 7、8、9、10 章。

第 7 章:MCS-51 单片机的扩展存储器技术。主要介绍了存储器概述和各种存储器的扩展方法。

第 8 章:MCS-51 单片机的 I/O 口扩展设计。主要介绍了利用各种常见扩展芯片进行 I/O

口扩展的相关知识及设计方法。

第 9 章：MCS-51 单片机与键盘、显示器、打印机的接口。通过大量的实例，详细介绍了 MCS-51 单片机与各种键盘、LED 显示器与微型打印机的接口技术及设计方法。

第 10 章：MCS-51 单片机与 A/D、D/A 转换器的接口。主要介绍了数/模、模/数转换原理及常用 A/D、D/A 转换芯片的使用方法。

第四部分：综合设计，即第 11 章。

第 11 章：MCS-51 单片机应用系统设计。

这一章首先介绍了 MCS-51 单片机应用系统的特点，并分步介绍了单片机应用系统设计的方法以及要考虑的各种因素，最后以两个实例具体说明了单片机应用系统设计的过程。

本书后还给出有三个附录，以方便读者查阅。

附录 A：MCS-51 系列单片机指令速查表。

附录 B：ASCII 码字符表。

附录 C：常用浮点数运算子程序。

此外，书后还给出了每章综合练习的答案，以供读者参考。

三、本书特点

本书内容全面，结构清晰，实例丰富，语言通俗易懂。每章后面均附有综合练习题，以便于读者练习。通过本书的学习，读者可以举一反三，融会贯通这一领域的知识。

四、适用对象

本书可作为大、中专院校相关专业的教材或教学参考书，也可作为单片机技术的培训教材，同时也可供广大从事单片机应用开发的科研人员作为参考书使用。

由于作者水平有限，再加上时间仓促，本书缺点错误在所难免，恳请读者批评指正。如果读者有好的意见或建议，可以发 E-mail 到 service@cnbook.net，也可以登录网站：<http://www.cnbook.net>，在该网站的论坛进行讨论。

编 者

2003 年 7 月

目 录

第 1 章 单片机概述	1	二、填空题	21
1.1 单片机的历史及发展概况	1	三、思考题	21
1.1.1 CPU 的改进	2	第 3 章 MCS-51 单片机的指令系统及	
1.1.2 存储器的发展	2	程序设计	22
1.1.3 片内 I/O 的改进	3	3.1 MCS-51 单片机指令系统概述	22
1.1.4 外围电路集成化	3	3.2 MCS-51 单片机指令系统的寻址方式 ...	23
1.1.5 低功耗化	3	3.2.1 立即寻址	23
1.2 单片机的特点及应用领域	3	3.2.2 直接寻址	23
1.3 主流系列单片机的简介	4	3.2.3 寄存器寻址	24
1.3.1 几个主流系列单片机	4	3.2.4 寄存器间接寻址	25
1.3.2 Intel 公司系列单片机简介	4	3.2.5 相对寻址	25
小结	9	3.2.6 变址寻址	26
综合练习一	9	3.2.7 位寻址	26
一、选择题	9	3.3 MCS-51 单片机指令系统的使用要点 ...	27
二、填空题	9	3.3.1 指令系统中影响标志位的指令	27
三、思考题	9	3.3.2 主要的伪指令	27
第 2 章 MCS-51 单片机的硬件结构	10	3.3.3 指令系统的分类	29
2.1 MCS-51 单片机的内部结构	10	3.4 MCS-51 单片机汇编语言程序设计及	
2.2 MCS-51 单片机的中央处理器	11	实用程序举例	42
2.2.1 运算器	11	3.4.1 顺序结构程序	42
2.2.2 控制器	12	3.4.2 分支结构程序	43
2.3 CPU 时序及引脚功能	13	3.4.3 循环结构程序	43
2.3.1 MCS-51 系列单片机引脚说明	13	3.4.4 子程序设计	47
2.3.2 振荡器和时钟电路	14	3.4.5 MCS-51 单片机实用程序举例	50
2.3.3 CPU 时序	15	小结	56
2.4 MCS-51 单片机的存储器结构	15	综合练习三	57
2.4.1 程序存储器	16	一、选择题	57
2.4.2 数据存储器	16	二、填空题	57
2.5 I/O 口	19	三、思考题	57
2.5.1 I/O 口的内部结构	20	第 4 章 MCS-51 单片机的定时器/计数器	58
2.5.2 I/O 口的读写操作	20	4.1 定时器/计数器的结构	58
2.5.3 I/O 口的负载能力	20	4.1.1 工作方式控制寄存器 TMOD	58
小结	20	4.1.2 定时器/计数器控制	
综合练习二	21	寄存器 TCON	59
一、选择题	21		

4.2 定时器/计数器的工作方式.....	60	二、填空题	94
4.2.1 方式 0.....	60	三、思考题	94
4.2.2 方式 1.....	61	第 6 章 MCS-51 单片机的串行通信	95
4.2.3 方式 2.....	61	6.1 串行通信的基本概念	95
4.2.4 方式 3.....	62	6.2 MCS-51 单片机串行口的 功能与结构.....	97
4.3 定时器/计数器应用举例.....	62	6.2.1 串行口能实现的功能	97
4.3.1 方式 0 的应用.....	63	6.2.2 串行口的结构	97
4.3.2 方式 1 的应用.....	65	6.3 串行口的工作方式及波特率设置	98
4.3.3 方式 2 的应用.....	66	6.3.1 方式 0	99
4.3.4 方式 3 的应用.....	67	6.3.2 方式 1	100
4.3.5 定时器/计数器应用时要注意的 问题.....	68	6.3.3 方式 2 和方式 3	102
4.4 定时器/计数器的扩展.....	70	6.3.4 波特率的设置	102
4.4.1 设计软计数器.....	70	6.4 MCS-51 单片机之间的通信实例.....	103
4.4.2 利用 8253 扩展定时器/计数器	71	6.4.1 利用方式 1 实现串行扩充.....	104
小结	78	6.4.2 双机通信技术	104
综合练习四	78	6.4.3 单片机多机通信技术	110
一、选择题.....	78	6.5 串行通信总线标准	118
二、填空题.....	78	6.5.1 RS-232 接口	119
三、思考题.....	78	6.5.2 RS-449、RS-422、RS-423 及 RS-485.....	121
第 5 章 MCS-51 单片机的中断系统.....	79	6.5.3 20 mA 电流环串行接口	125
5.1 中断系统概述.....	79	6.6 IBM-PC 与 MCS-51 单片机的通信	126
5.2 中断源和中断控制	80	6.6.1 IBM-PC 上微机编程与 串行口调试工具	126
5.2.1 中断源.....	80	6.6.2 IBM-PC 与 MCS-51 单片机的 双机通信	128
5.2.2 中断控制.....	82	6.6.3 IBM-PC 与 MCS-51 单片机的 多机通信	131
5.3 中断处理	84	小结.....	137
5.3.1 中断的响应过程.....	84	综合练习六.....	138
5.3.2 中断响应时间.....	85	一、选择题	138
5.3.3 外部中断的方式.....	85	二、填空题	138
5.4 外部中断源的扩展	86	三、思考题	138
5.5 中断系统设计中应注意的几个问题.....	93	第 7 章 MCS-51 单片机的扩展存储器技术	139
5.5.1 调试时注意开发机上使用的 中断入口地址	93	7.1 存储器概述	139
5.5.2 保护现场.....	93	7.1.1 只读存储器 (Read Only Memory-ROM)	139
5.5.3 中断标志的清除.....	93		
小结	94		
综合练习五	94		
一、选择题.....	94		

7.1.2 随机存取存储器 (Random Access Memory-RAM)	140
7.1.3 特殊存储器	141
7.2 存储器扩展的基本知识	142
7.2.1 MCS-51 单片机对存储器的控制	142
7.2.2 外部地址锁存器和地址译码器	143
7.2.3 总线驱动器	146
7.2.4 扩展存储器时应注意的几个问题	148
7.3 程序存储器 EPROM 的扩展	148
7.3.1 程序存储器的操作时序	148
7.3.2 常用的 EPROM 芯片	149
7.3.3 EPROM 的扩展方法	153
7.4 数据存储器的扩展	157
7.4.1 数据存储器扩展的特点	157
7.4.2 常用的 SRAM 芯片	159
7.4.3 64KB 以内 SRAM 的扩展方法	160
7.4.4 超过 64KB SRAM 的扩展方法	162
7.4.5 SRAM 的掉电保护措施	165
7.5 EEPROM 的扩展	166
7.5.1 并行 EEPROM 的扩展	166
7.5.2 串行 EEPROM 的扩展	171
7.6 FLASH 存储器的扩展	184
7.6.1 FLASH 存储器概述	184
7.6.2 FLASH 存储器的基本工作原理 ...	186
7.6.3 28FX 系列 FLASH 存储器的扩展	190
7.6.4 使用 28FX 系列 FLASH 存储器应注意的几个问题	192
小结	193
综合练习七	193
一、选择题	193
二、填空题	193
三、思考题	194
第 8 章 MCS-51 单片机的 I/O 口扩展设计.. 195	
8.1 I/O 口概述	195
8.1.1 串行 I/O 口	195
8.1.2 并行 I/O 口	195
8.2 用可编程芯片 8155/8156 扩展并行 I/O 口	196
8.2.1 8155/8156 芯片概述	196
8.2.2 单片机对 8155/8156 的控制	198
8.2.3 8051 单片机与 8155/8156 的接口	202
8.3 用 TTL 芯片扩展并行 I/O 口	203
8.3.1 用 74LS377 扩展一个 8 位并行输出口	204
8.3.2 用 74LS244 扩展一个 8 位并行输入口	204
8.4 用 MCS-51 单片机的串行口扩展 I/O 口	205
8.4.1 扩展并行输入口	205
8.4.2 扩展并行输出口	207
8.4.3 扩展多个串行口	208
小结	210
综合练习八	210
一、选择题	210
二、填空题	210
三、思考题	211
第 9 章 MCS-51 单片机与键盘、显示器、打印机的接口	212
9.1 MCS-51 单片机与键盘的接口	212
9.1.1 键盘的工作原理及消抖方法	212
9.1.2 扳键开关、拨盘开关与单片机的接口	214
9.1.3 独立式键盘接口设计	217
9.1.4 矩阵式键盘	218
9.1.5 按键的其他处理	224
9.2 MCS-51 单片机与显示器的接口	225
9.2.1 LED 显示器结构及其工作原理	225
9.2.2 LED 显示器显示方式及使用	227
9.2.3 常用键盘/LED 显示结合的接口方法	236
9.2.4 专用可编程键盘/显示器接口芯片 8279	244

9.2.5 液晶显示器 LCD.....	252	综合练习十	297
9.3 MCS-51 单片机与微型打印机的接口	267	一、选择题	297
9.3.1 TP _μ P 系列微型打印机	267	二、填空题	297
9.3.2 MCS-51 单片机与 TP _μ P-TF 系列打印机接口	268	三、思考题	297
小结	270	第 11 章 MCS-51 单片机应用系统设计	298
综合练习九	270	11.1 单片机应用系统概述	298
一、选择题	270	11.1.1 单片机应用系统的特点	298
二、填空题	270	11.1.2 单片机应用系统的分类	298
三、思考题	271	11.2 MCS-51 单片机应用系统设计方法	301
第 10 章 MCS-51 单片机与 A/D、D/A 转换器的接口	272	11.2.1 系统的总体方案设计	302
10.1 A/D 转换器	272	11.2.2 硬件设计	304
10.1.1 A/D 转换器的主要技术指标	272	11.2.3 软件设计	305
10.1.2 A/D 转换器的转换方式与原理	273	11.2.4 系统仿真调试	307
10.1.3 A/D 转换器使用时要注意的问题	275	11.2.5 系统安装运行	308
10.2 MCS-51 单片机与 A/D 转换器的接口	276	11.3 MCS-51 单片机应用系统设计举例	308
10.2.1 MCS-51 单片机与 8 位 A/D 转换器 ADC0809 的接口	276	11.3.1 单片机在电冰箱控制系统中的应用	308
10.2.2 MCS-51 单片机与 12 位快速 A/D 转换器 AD574 的接口	279	11.3.2 单片机在电子密码锁中的应用	312
10.3 D/A 转换器	283	小结	318
10.3.1 D/A (数/模) 转换的基本原理	283	综合练习十一	318
10.3.2 D/A 转换器的主要性能指标	284	一、选择题	318
10.3.3 D/A 转换器的选型	285	二、填空题	318
10.4 MCS-51 单片机与 D/A 转换器的接口	286	三、思考题	318
10.4.1 MCS-51 单片机与 8 位 D/A 转换器 DAC0832 的接口	286	附录 A MCS-51 单片机指令速查表	319
10.4.2 MCS-51 单片机与 10 位 D/A 转换器 AD7520 的接口	290	A.1 数据传送指令	319
10.4.3 MCS-51 单片机与 12 位串行 D/A 转换器 AD7543 的接口	292	A.2 算术操作类指令	319
小结	296	A.3 逻辑操作类指令	320
		A.4 控制转移类指令	321
		A.5 布尔变量操作类指令	321
		附录 B ASCII 码字符表	323
		附录 C 常用浮点数运算符程序	324
		C.1 浮点数加法子程序 FADD	324
		C.2 浮点数减法子程序 FSUB	324
		C.3 浮点数乘法子程序 FMUL	327
		C.4 浮点数除法子程序 FDIV	329
		参考答案	332
		参考文献	340

第 1 章 单片机概述

本章提要

- 单片机的历史及发展概况
- 单片机的特点及应用领域
- 主流系列单片机的简介

单片微型计算机（简称单片机，有时也称为单板机）作为微型计算机的一个很重要的分支，自 20 世纪 70 年代问世以来，以其极高的性价比，受到人们的重视和关注，应用十分广泛，发展速度也非常快。单片机体积小、重量轻，抗干扰能力强，对环境的要求不高，而且价格低廉，可靠性高，灵活性好，开发周期短。广大的工程技术人员通过学习有关单片机的相关知识后，就能够依靠自己的力量来开发所希望的单片机系统，并可获得较高的经济效益。也正是因为这一点，单片机已广泛地应用在智能仪器仪表、机电设备过程控制、自动检测、家用电器和数据采集处理等各个方面。

1.1 单片机的历史及发展概况

何谓单片机？至今在业界还没有一个统一的定义，但是一般认为单片机是在一块硅片上集成了中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM、EPROM）和各种输入/输出接口（定时器、计数器、并行 I/O 口、串行口、A/D 转换器、脉冲调制器 PWM 等），它具有一台计算机的功能，故而称为单片微型计算机。由于单片机的硬件结构与指令系统的功能都是根据工业控制的要求而设计的，主要应用在工业现场的检测、控制装置中，所以又称为微控制器（Micro-Controller）或嵌入式控制器（Embedded-Controller）。

从美国仙童（Fairchild）公司 1974 年生产出第一块单片机（F8）开始，在短短的二三十年的时间里，单片机如同雨后春笋一般，大量涌现出来。GI 公司、Rockwell 公司、Intel 公司、Zilog 公司、Motorola 公司、NEC 公司等世界上几大计算机公司都纷纷推出自己的单片机系列。根据单片机发展过程中各个阶段的特点，其发展历史大概可划分为以下四个阶段：

第一阶段（1974~1976）：单片机的初级阶段。因工艺限制，单片机采用双片的形式，而且功能简单。例如仙童公司生产的 F8 单片机，实际上只包括了 8 位 CPU、64 个字节 RAM 和两个并行口。因此，还需要一块 3851（由 1K ROM，定时器/计数器和 2 个并行 I/O）才能组成一台完整的计算机。

第二阶段（1976~1978）：低性能单片机阶段。以 Intel 公司制造的 MCS-48 系列单片机为代表，这种单片机片内有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等，但是不足之处就是没有串行通讯口，中断处理比较简单，片内的 RAM 和 ROM 的容量比较小而且其寻址范围不大于 4K。

第三阶段（1978~现在）：高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 口，多级中断处理系统，16 位定时器/计数器，片内 ROM、RAM 容量加大，且寻址范围可达 64K 字节，有的还内置有 A/D 转换器。这类单片机的代表是 Intel 公司的 MCS-51 系列，

Motorola 公司的 6810 和 Zilog 公司的 Z8 等。由于这类单片机的性能价格比高, 所以至今仍被广泛应用于各个领域, 是目前应用量较多的单片机。

第四阶段 (1982 ~ 现在): 8 位单片机的巩固发展以及 16 位单片机、32 位单片机推出阶段。此阶段的主要特征是一方面发展 16 位单片机、32 位单片机及专用型单片机; 另一方面不断完善高档 8 位单片机, 改善其结构, 以满足不同用户的需要。16 位单片机的典型产品如 Intel 公司生产的 MCS-96 系列单片机, 其集成度已达 120000 个管子/片, 振荡频率为 12MHz, 片内 RAM 为 232 字节, ROM 为 8K 字节, 中断处理为 8 级, 而且片内带有多通道 10 位 A/D 转换器和高速输入/输出部件 (HSI/HSO), 实时处理能力很强。而 32 位单片机除了具有更高的集成度外, 其振荡频率已达 20MHz 或更高, 这使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机快许多, 性能同 8 位、16 位单片机相比, 具有更大的优越性。

20 世纪 80 年代以来, 单片机的发展非常迅速, 就通用单片机而言, 世界上一些著名的计算机厂家已投放市场的产品就有 70 多个系列, 500 多个品种。单片机的产品已占整个微机 (包括一般的微处理器) 产品的 80% 以上, 其中 8 位单片机的产量又占整个单片机的产量的 60% 以上, 因此可以看出, 8 位单片机在最近若干年里, 在工业检测、控制应用的上将继续占有一定的市场份额。

随着制造工艺的不断提高以及市场发展的需要, 单片机产品的性能将得到不断的完善, 今后, 单片机将向以下几个方向发展:

1.1.1 CPU 的改进

(1) 采用双 CPU 结构, 以提高处理能力。

(2) 增加数据总线的宽度, 单片机内部采用 16 位数据总线, 其数据处理能力明显优于一般 8 位单片机。

(3) 采用流水线结构。指令以队列形式出现在 CPU 中, 且有很快的处理速度。尤其适合于数字信号处理, 例如 TMS320 系列信号处理单片机。

(4) 串行总线结构。PHILIPS 公司开发了一种新型的总线——IIC 总线 (Inter-ICbus), 该总线是用三条数据线代替现行的 8 位数据总线, 从而大大的减少了单片机引线, 降低了单片机应用系统开发的成本。

1.1.2 存储器的发展

(1) 存储容量加大。新型单片机片内 ROM 一般可达 4K 字节至 32K 字节或更多, RAM 为 256 个字节至 1K 字节。有的单片机片内 ROM 容量可达 128K 字节。

(2) 片内 EPROM 开始 EEPROM 化。片内 EPROM 由于需要高压编程写入, 紫外线擦写给用户带来不便。采用电擦写的 EEPROM 后, 不再需要用紫外线进行擦写, 只需重新写入。特别是能够在 +5V 下读写 EEPROM, 既有 SRAM 读写操作简便, 又有在掉电时保证数据不丢失的可靠性优点, 片内 EEPROM 的使用不仅会对单片机结构产生影响, 而且会大大简化应用系统的结构。由于 EEPROM 中数据写入后能够永久保存, 因此, 有些单片机将它作为片内 RAM 使用, 甚至有的单片机将 EEPROM 用作片内通用寄存器。

(3) 程序保密化。一般的 EPROM 中的程序很容易被复制。为了防止复制, 某些公司开始采用 KEPROM (Keyed access EPROM) 编程写入, 有的则对片内 EPROM 或 EEPROM 采

用加密方式。加密后,无法读取其中的程序。若要读取,必须擦去 EEPROM 中的信息,这样就可以达到程序保密的目的了。

1.1.3 片内 I/O 的改进

为了满足外围设备、芯片扩展的需要,很多单片机都有较多的并行 I/O 口,并且配有串行口,以满足多机通讯功能的要求。

(1) 增加并行口的驱动能力。这样在设计单片机系统的时候,就可以大大简化系统的外围电路。有的单片机 I/O 口甚至能够直接输出大电流和高电压,以便能直接驱动 LED 和 LCD。

(2) 增加 I/O 的逻辑控制功能。大部分单片机的 I/O 都能够进行逻辑操作,中、高档的单片机的位处理系统能够对 I/O 口进行位寻址及位操作,大大的提高了 I/O 口线的使用、控制的灵活性。

(3) 有些单片机设置了一些特殊的串行接口功能,为单片机构成通讯网络和构建工业控制系统提供了便利条件。

1.1.4 外围电路集成化

随着集成度的不断提高,把众多的外围功能器件集成在片内已经具备了充分的条件。这也是单片机以后发展的重要趋势。除了一般必须具有的 ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统外,随着单片机档次的提高,以适应检测、控制功能更高的要求,片内集成的通常还有 A/D 转换器、D/A 转换器, DMA 控制器、中断控制器、锁相器、频率合成器、字符发生器、声音发生器、CRT 控制器、译码驱动器等等。

1.1.5 低功耗化

8 位单片机中大部分的产品已 CMOS 化, COMS 芯片的单片机具有功耗小的优点,而且为了充分发挥低功耗的特点,这类单片机普遍配置有 Wait 和 Stop 两种工作方式。例如采用 CHMOS 工艺的 MCS-51 系列单片机 80C51BH/80C31/87C31 在正常运行(+5V, 12MHz)时,工作电流为 16mA,同样条件下 Wait 方式工作时,工作电流为 3.7mA,而在 Stop(工作电压为 +2V)时,工作电流仅为 50nA。

1.2 单片机的特点及应用领域

单片机以其卓越的性能,得到了广泛的应用,已深入到各个领域。单片机应用在检测、控制领域中,具有如下特点:

(1) 小巧灵活、成本低、易于产品化。能组装成各种智能式测控设备及智能仪器仪表。

(2) 可靠性好,应用范围广。单片机芯片本身是按工业测控环境要求设计的,抗干扰性强,能适应各种恶劣的环境,这是其他机种无法比拟的。

(3) 易扩展,很容易构成各种规模的应用系统,控制功能强。单片机的逻辑控制功能很强,指令系统有各种控制功能指令,可以对逻辑功能比较复杂的系统进行控制。

(4) 具有通讯功能,可以很方便地实现多机和分布式控制,形成控制网络和远程控制。单片机的应用范围很广,在下述的各个领域中得到广泛的应用:

(1) 工业方面:各种测控系统。数据采集系统,工业机器人,智能化仪器,机、电一体

化产品。

(2) 智能仪器仪表方面: 单片机应用在智能仪器、仪表方面, 不仅使传统的仪器仪表发生根本的变革, 也给传统的仪器、仪表行业改造带来了曙光。

(3) 通讯方面: 调制解调器、程控交换技术。

(4) 消费产品方面: 电动玩具、录像机、激光唱机。

(5) 导弹与控制方面: 导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装备、飞机导航系统。

(6) 计算机外部设备及电器方面: 打印机、硬盘驱动器、彩色与黑白复印机、磁带机等。

(7) 多机分布式系统: 可用单片机构成分布式测控系统, 它使单片机应用进入了一个全新的阶段。

综上所述, 从家用电器、智能仪器仪表、工业控制直到火箭导航等尖端技术领域, 单片机都发挥着十分重要的作用。

1.3 主流系列单片机的简介

1.3.1 几个主流系列单片机

从单片机问世以来, 已投放市场的产品就有 70 多个系列, 500 多个品种相继诞生。下面列出国际上较有名、影响较大的公司的产品:

(1) 仙童 (Fairchild) 公司和 Mostek 公司的 F8、3870 系列产品。

(2) NEC 公司的 μ CMOS-87 系列产品。

(3) Zilog 公司的 Z8、Super8 系列产品。

(4) Rockwell 公司的 6500、6501 系列产品。

(5) Motorola 公司的 6801、6802、6803、6805、68HC11 系列产品。

(6) Intel 公司 MCS-48、MCS-51、MCS-96 的系列产品。

在我国虽然上述产品均有引进, 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。随着这一系列的深入开发以及市场的不断推广, 其主导地位将不断巩固下去。

1.3.2 Intel 公司系列单片机简介

1. 概述

Intel 公司自 1976 年推出 8 位单片机以来又相继推出了三个系列的几十种单片机。其主要产品如表 1-1 所示。

表 1-1 Intel 公司的主要单片机系列

系列	型号	片内存储器		片外存储器直接寻址范围		I/O 口线		中 断 源	定时/ 计数器 (个× 位)	封装 DIP
		ROM/EPEOM (KB)	RAM (B)	RAM	EPROM (KB)	并 行	串 行			
MCS-48 (8 位 机)	8048	1	64	256B	4	27		2	1×8	40
	8748	1	64	256B	4	27		2	1×8	40
	8035	—	64	256B	4	27		2	1×8	40
	8049	2	128	256B	4	27		2	1×8	40

续表 1-1

系列	型号	片内存储器		片外存储器直接寻址范围		I/O 口线		中 断 源	定时/计 数器 (个× 位)	封装 DIP
		ROM/EPEOM (KB)	RAM (B)	RAM	EPROM (KB)	并 行	串 行			
	8749	/2	128	256B	4	27		2	1×8	40
	8039	—	128	256B	4	27		2	1×8	40
MCS -51 (8 位 机)	8051	4	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	8071	/4	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	8031	—	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	8052AH	8	256	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	8752AH	/8	256	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	8032AH	—	256	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	80C51B H	4	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	80C252	8	256	64KB	64	32	UART	5	3×16	40
	87C252	/8	256	64KB	64	32	UART	5	3×16	40
	83C252	—	256	64KB	64	32	UART	5	3×16	40
	80C31B H	—	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	87C51B H	4	128	64KB	64	32	UART	5	2×16	40
	8094	—	232	64KB	64	32	UART	8	4×16 软件	48
MCS -51 (16 位 机)	8095	—	232	64KB	64	32	UART	8	同上	48
	8096	—	232	64KB	64	48	UART	8	同上	68
	8097	—	232	64KB	64	48	UART	8	同上	68
	8394	8	232	64KB	64	32	UART	8	同上	48
	8395	8	232	64KB	64	32	UART	8	同上	48
	8396	8	232	64KB	64	48	UART	8	同上	68
	8397	8	232	64KB	64	48	UART	8	同上	68
	8095BH		232	64KB	64	48	UART	8	同上	48
	8096BH		232	64KB	64	48	UART	8	同上	68
准 16 位机	8097BH		232	64KB	64	48	UART	8	同上	68
	8398	—	232	64KB	64	48	UART	8	同上	48

Intel 公司的产品遍及世界各地,销量居同行公司之首。他们之所以能够取得这样的成果,是因为他们始终坚持把 VLSI 工艺技术与用户的要求紧密地结合起来,也就是随着集成电路工艺的发展,不断地革新自己的产品,使其集成度更高、性能更优,同时又根据用户的需要研制各种高性能的产品。

Intel 的单片机每一类芯片的 RAM 和 ROM 根据工艺的许可和用户的要求,往往有三种形式,这是 Intel 公司首创,现已成为单片机界的统一规范。

三种形式分别是:片内带掩膜式 ROM、片内带 EPROM 和片外接 EPROM 的形式。最近又推出片内带 EEPROM 的单片机。片内掩膜式 ROM 适合定型大批量应用产品的生产;片内

带 EPROM 适合于研制产品样机；片外接 EPROM 适于研制新产品。在我国由于单片机应用面还不够广，推出片内带掩膜式 ROM 的单片机的条件还不具备，而片内带 EPROM 的单片机需要较高的成本，故目前应用最多的是片外接 EPROM 方式的单片机。

另外单片机的指令具有紧凑格式和快速执行的特性。例如 MCS-48 系列的指令系统 70% 是单字节指令。MCS-51 系列为单字节指令，同时在时序上能在一个机器同期内两次访问存储器。这样既可节省存储空间，又可加快指令执行速度。MCS-96 系列单片机一次可取两个字节的指令或数据。另外它还采用高速的算术逻辑部件和灵活的寻址方式来加速指令的执行。

正由于 Intel 公司的单片机产品具有上述特点及优势，使用其能够在世界单片机市场上独占鳌头。

目前在单片机的应用中，MCS-51 系列单片机基本上能满足用户的一般应用要求，因而它占据着相大的市场份额。本节主要简单介绍 MCS-51 系列的产品。

2. MCS-51 系列单片机

1) MCS-51 系列单片机的特点

MCS-51 系列单片机之所以能够占据很大的市场，主要因为它有如下特点：

(1) 集成度高。MCS-51 系列单片机的典型代表产品为 8031, 8031 芯片内部包含了 128 个字节的 RAM，4 个 8 位的并行 I/O 口，1 个全双工的串行口，2 个 16 位定时器/计数器，以及一个处理功能很强的中央处理器。MCS-51 的另一代表产品是 8751，它在 8031 单片机的基础上增加了 4K 字节的 EPROM。在许多较简单的应用场合，只用一片 8751 就可以实现系统的功能要求。

(2) 系统结构简单，性价比大大超过 Z80 等微型计算机。

(3) 系统扩展方便。MCS-51 系列单片机具有外扩至 64K 字节程序存储器和 64K 字节的外部 RAM 和 I/O 口的能力。当 MCS-51 芯片内部的 RAM 和 I/O 口线不能满足系统功能要求时，使用一些通用的扩展芯片就可以进行扩展，这在以后的章节将详细介绍。

(4) 抗干扰性能强，可靠性高。MCS-51 单片机的总线大多在芯片内部不易受干扰，而且采用 MCS-51 单片机构成的应用系统结构简单，容易采取各种抗干扰措施（屏蔽、接地等），适用范围广，在各种恶劣的环境下都能可靠的工作。MCS-51 系列单片机有军用和民用之分，其中的军用产品的抗干扰性能最强。

(5) 处理能力强，速度快。MCS-51 单片机的指令系统中有加、减、乘、除以及各种逻辑运算和转移指令，还具有位操作能力，特别适合工业控制系统、消费产品的开发。CPU 的时钟频率可达 12MHz 甚至更高，指令系统中近 50% 的指令为单字节指令，指令执行速度快。完成单字节乘法和单字节除法仅需 $4\mu s$ （时钟频率为 12MHz）。

(6) 开发方便，容易形成产品。开发用的仿真机日趋完善，生产厂家较多。

(7) 兼容性好。MCS-51 支持的芯片种类很多，而且使用于不同场合的新产品不断涌现。

2) MCS-51 系列单片机的类型

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状态分类，则可分为三类：片内 ROM 型、片内带 EPROM 型和片外接 EPROM 型。

如果按功能分，则可划分为以下一些类型：

(1) 基本型。

有 8031、8051、8031A、8051AH、8751H、8751BH 等。8051AH 与 8051 的不同点在于

采用了 HMOS 工艺制造。

基本型的典型产品是 8051，其基本特性如下：

- ① 具有适于控制的 8 位 CPU 和指令系统。
- ② 128 字节的片内 RAM。
- ③ 21 个特殊功能寄存器。
- ④ 32 线并行 I/O 口。
- ⑤ 两个 16 位定时/计数器。
- ⑥ 一个全双工串行口。
- ⑦ 5 个中断源、2 个中断优先级的中断结构。
- ⑧ 4KB 片内 ROM。
- ⑨ 一个片内时钟振荡器和时钟电路。
- ⑩ 片外可扩展 64KB ROM 和 64KB RAM。

由此可见，它本身就是一个功能相当强的 8 位微型处理器。

(2) 增大内部存储器的基本型。

此种单片机有 8052AH、8032AH、8752BH，其内部 ROM 和 RAM 的容量比基本型的大一倍。

(3) 低功耗基本型。

这类型号都带有“C”字的单片机有 80C51BH、80C31BH、87C51，它们采用了 CHMOS 工艺，其特点是功耗低。另外，87C51 还有两级程序存储器保密系统，可防止非法拷贝程序。

(4) 高级语言型。

如 8052AH - BASIC 芯片内固化有 MCS BASIC52 解释程序。BASIC52 语言能与汇编语言混用。

(5) A/D 型。

这类单片机（如 83C51GA、80C51GA、87C51GA 等）具有下述新功能：带有 8 路 8 位 A/D 转换器；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；还具有振荡器失效检测功能。

(6) DMA 型。

一类是 DMA、GSC 型，如 83C152JA、80C152JA、80C152JB 等。这类单片机由新的特殊功能寄存器支持，具有 DMA 目的地址、DMA 源地址、DMA 字节计数共 58 个特殊功能寄存器。它们除了具有局部串行通道 LSC 外，还有一个全局串行通道 GSC（多规程、高性能的串行接口）。

另一类是 DMA、FIFO 型，如 83C452、80C452、87C452P 等。此类单片机新增加的功能是：128 字节的双向先进先出（FIFO）RAM 阵列，采用环形指针管理读和写；由两个相同的 DMA 通道，允许从可写入的存储器到另一个可写入的存储器的高速数据传送；特殊功能寄存器增至 34 个；增加先进先出人机接口、DMA0、DMA1 等三个中断源。

(7) 多并行口型。

此类单片机如 83C451、80C451，是在 80C51 基础上，新增加和 P1 口相同的 8 位准双向 P4 口和 P5 口。还增加了一个特殊的内部具有上拉电阻的 8 位双向口 P6。它既可以作为标准的输入输出口，也可以进行选通方式操作（新增 4 位控制线）。

3. MCS-96 系列单片机简介

MCS-96 系列单片机是当今世界上性能最高的单片机产品之一。同 MCS-48、MCS-51 系列单片机相比,它已是真正的 16 位机。

1) MCS-96 系列单片机的主要性能特征

(1) 功能强的 16 位 CPU。它在结构上最大的特点是没有采用习惯的累加器结构,改为寄存器-寄存器结构, CPU 的操作直接面向 256 字节的寄存器空间。清除了一般单片机结构中存在的累加器瓶颈效应(在 MCS-51 系列单片机中,很多操作都必须以累加器 A 作为中介进行运算操作),提高了操作速度和数据吞吐能力。16 位 CPU 支持位、字节和字操作,在部分指令中还支持 32 位双字操作。

(2) 功能强、效率高的指令系统。它可以对有符号的数据进行操作,有 16 位的乘除指令、符号扩展指令等。它的很多指令既可以用于双操作数,也可用于三操作数,而三操作数指令包括两个源操作数和一个目的操作数,执行指令后,两个操作数的值保持不变,结果存在目的操作数,这样也就大大提高了编程效率。

(3) 高速输入/输出部件。高速输入部件可以内部定时器作为实时时钟,记下某个外部事件发生的时间;而高速输出部件可以按规定的时刻去触发某一事件。

(4) 10 位 A/D 转换器。在 MCS-96 系列的部分产品中有一个 8 通道或 4 通道的 10 位 A/D 转换器。

(5) 功能增强的中断系统。有 9 个中断源,可对应 20 多个事件,有 8 个中断优先级。

(6) 5 个 8 位标准输入/输出口,这些口可以用做一般的输入/输出,其中有一部分口是双功能或者多功能的。

(7) 16 位监视定时器(WATCHDOG)。产生软、硬件故障时,监视定时器将使系统复位。

(8) 可动态配置的总线。在运行过程中, MCS-96 的总线可以动态的配置成 8 位或 16 位,以便适应对外部存储器进行字节操作和字操作的不同需求。

(9) 内部 ROM。在带内部 ROM 的芯片中,内部 ROM 的容量为 8KB,内部 ROM/EPROM 可以加密,并可在运行中对 EPROM 编程。

(10) 256 字节的寄存器阵列和专用寄存器。其中 232 字节为内部寄存器阵列,它有通用寄存器和高速 RAM 的双重功能,另外 24 字节为专用寄存器。

(11) 定时器。MCS-96 系列单片机具有两个 16 位定时器,其中定时器 1 在系统中作实时时钟用,定时器 2 是一外部事件计数器;另外还有 4 个受高速输出部件控制的软件定时器。

以上简单介绍了 MCS-96 系列单片机的软、硬件性能特点,由此可见它在性能上的确比 8 位单片机有根本性的突破,因而它有更广阔的应用前景。

2) MCS-96 系列单片机的型号及其分类

MCS-96 系列单片机种类极多,型号有几十种,表 1-1 仅是其中的一小部分。为方便叙述以“8096”来泛指 MCS-96 系列中的所有产品,但对用户而言,必须分清楚各种型号之间的差别。

按发展年代及功能特点, MCS-96 系列单片机可分为三个子系列: 8X9X、8X98、8X9XBH (X 的值为 0~7)。这三个子系列通常称为 8096、8098、8096BH。

8X9X 是比较早期的芯片。这类芯片有 8X96、8X97、8X94 和 8X95;其中 8X 又分为 83